

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA:

“PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE MOLIENDA DE CEMENTO”

JUNIO 2008

TUTOR:

José Luís Pérez Díaz
Departamento de Mecánica.
E.P.S. UC3M, Leganés.

AUTOR:

Verónica Díez Esteban
Ingeniería Técnica Industrial,
especialidad Mecánica.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN	7
1. OBJETO DEL PROYECTO.	8
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
3. LOCALIZACIÓN.	8
4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	9
5. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.	10
MEMORIA	12
1. . CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROCESO DE MOLIENDA.	13
1.1. PRODUCCIÓN DE CEMENTO.	15
1.1.1. EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS	15
1.1.2. PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.	15
1.1.3. PROCESO DE COCCIÓN. OBTENCIÓN DEL CLÍNKER.	16
1.2. MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO.	19
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	21
2.1. DATOS DE PARTIDA	21
2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA PLANTA.	22
2.2.1. MOLINO HORIZONTAL DE BOLAS.	22
2.2.2. SEPARADOR.	24
2.2.3. FILTRO DE MANGAS.	26
2.2.4. CAUDALÍMETRO DE IMPACTOS.	29
2.2.5. ELEVADORES DE CANGILONES.	30
2.2.6. AERODESLIZADORES.	31
2.2.7. BÁSCULAS DOSIFICADORAS.	33
2.3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.	35
2.3.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.	36
2.3.2. TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS.	37
2.3.3. MOLIENDA.	38
2.3.4. SILO DE ALMACENAMIENTO Y EXTRACCIÓN DE CEMENTO	41
2.3.5. CARGA A GRANEL.	43
2.3.6. ENSACADO, PALETIZADO Y ENFARDADO.	44
2.3.7. SISTEMA DE DESEMPOLVADO.	45
2.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS.	46
ZONA A.- ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.	46
ZONA B.- TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS.	48
ZONA C.- MOLIENDA DE CEMENTO.	57
ZONA D.- SILO DE ALMACENAMIENTO.	81
RED DE AIRE COMPRIMIDO	96
SISTEMA DE REDUCCIÓN DEL CROMO VI	101
2.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA CIVIL.	102
2.5.1. DEMOLICIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRA.	102
2.5.2. HORMIGONES.	103
2.5.3. ARMADURAS.	104
2.5.4. ENCOFRADOS Y CIMBRAS.	105
2.5.5. ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE ELEMENTOS DESLIZADOS	105

2.5.6.	CAJETINES Y RELLENOS DE HORMIGÓN.	107
2.5.7.	ELEMENTOS EMBEBIDOS.	108
2.5.8.	CERRAMIENTOS DE CHAPA PLEGADA	108
2.5.9.	CERRAMIENTOS DE PANEL SANDWICH.	109
2.5.10.	CERRAMIENTO DE BLOQUES DE HORMIGÓN	109
2.6.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURA METÁLICA.	111
2.7.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE CONTROL.	111
2.7.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONTROL Y MANDO.	111
2.7.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	113
CÁLCULOS		117
1.	<i>CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.</i>	118
1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.	118
2.	<i>CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL.</i>	119
3.	<i>BASCULAS DOSIFICADORAS.</i>	120
4.	<i>CINTA DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO</i>	126
5.	<i>CÁLCULO DE LA CÁMARA DE PRESECADO</i>	127
6.	<i>CÁLCULO DEL GENERADOR DE GASES.</i>	131
7.	<i>CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL MOLINO:</i>	134
8.	<i>CÁLCULO DEL CAUDAL DE GASES A LA SALIDA DEL MOLINO:</i>	135
9.	<i>CÁLCULO DE LOS CUERPOS MOLEDORES DEL MOLINO:</i>	135
10.	<i>CÁLCULO DE LA VELOCIDAD EN EL INTERIOR DEL MOLINO:</i>	136
11.	<i>CÁLCULO DEL CAUDAL DE MATERIAL A LA SALIDA DEL MOLINO:</i>	137
12.	<i>CÁLCULO DE CINTAS TRANSPORTADORAS:</i>	137
13.	<i>CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DEL MOLINO:</i>	139
14.	<i>CÁLCULO DE AERODESLIZADORES:</i>	140
15.	<i>CÁLCULO DE FILTROS DE MANGAS:</i>	143
16.	<i>CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS VENTILADORES DE PROCESO:</i>	144
17.	<i>CÁLCULO DE ELEVADORES DE CANGILONES:</i>	145
18.	<i>CÁLCULO DE LAS SOPLANTES DE FLUIDIFICACIÓN:</i>	155
19.	<i>ELECCIÓN DEL SEPARADOR.</i>	157
20.	<i>DISEÑO DEL SILO DE ALMACENAMIENTO.</i>	157
PLIEGO DE CONDICIONES		162
1.	<i>OBJETIVO DEL PLIEGO.</i>	163
2.	<i>ÁMBITO DE APLICACIÓN.</i>	163
3.	<i>NORMATIVA.</i>	163
4.	<i>DISPOSICIONES GENERALES</i>	168

4.1.	CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO	168
4.2.	AUTORIDAD DEL INGENIERO DIRECTOR	168
4.3.	SUBCONTRATOS	168
5.	GENERALIDADES.	169
6.	DESARROLLO DE LAS OBRAS	169
A)	Generalidades sobre materiales e inspecciones	170
B)	Proyecto de ejecución y modificaciones durante el curso de la obra	171
C)	Condiciones de ejecución en taller	172
D)	Control de ejecución de las uniones soldadas	177
E)	Transporte y montaje	181
F)	Pintura en estructuras metálicas	183
G)	Obras complementarias e imprevistos.-	191
7.	CONTROL	192
8.	OBRAS POR ADMINISTRACION	192
9.	PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA INSTALACIÓN.	193
9.1.	OBJETO.	193
9.2.	RELACIÓN DE LOS ENSAYOS DE RECEPCIÓN.	193
9.3.	REALIZACIÓN DE PRUEBAS Y ENSAYOS.	194
9.4.	CONDICIONES PREVIAS A LA REALIZACIÓN DE LAS RECEPCIONES PROVISIONALES DE LAS INSTALACIONES.	194
10.	RECEPCIÓN DE LA INSTALACION.	195
10.1.	RECEPCIÓN PROVISIONAL.	195
10.2.	RECEPCIÓN DEFINITIVA.	196
	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	197
1.	ANTECEDENTES	198
1.3.	SITUACIÓN	198
1.4.	PLAZO DE EJECUCIÓN	198
1.5.	NÚMERO MÁXIMO DE TRABAJADORES CONCURRENTES	198
1.6.	CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	198
2.	CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	199
3.	MEMORIA INFORMATIVA	201
3.1.	EMPLAZAMIENTO	201
3.1.1.	Terreno	201
3.1.2.	Accesos	201
3.1.3.	Climatología	201
3.1.4.	Entorno	201

3.1.5.	<i>Servicios afectados</i>	201
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA A REALIZAR	202
4.	MEMORIA DESCRIPTIVA	203
4.1.	FORMACIÓN DE TRABAJADORES	203
4.2.	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.	203
4.2.1.	<i>Vestuarios y aseos</i>	203
4.2.2.	<i>Abastecimiento de agua</i>	204
4.2.3.	<i>Oficina de obra</i>	204
4.2.4.	<i>Comedor</i>	204
4.2.5.	<i>Limpieza</i>	205
4.3.	SERVICIOS SANITARIOS	205
4.3.1.	<i>Reconocimientos médicos</i>	205
4.3.2.	<i>Botiquín</i>	205
4.3.3.	<i>Centro asistencial de urgencia</i>	206
4.4.	INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA	206
4.4.1.	<i>Instalación provisional de electricidad</i>	206
4.4.2.	<i>Extinción de incendios</i>	208
4.4.3.	<i>Seguridad para terceros</i>	208
4.4.4.	<i>Instalación de aguas residuales</i>	208
4.5.	FASES DE LA OBRA	208
4.5.1.	<i>Instalaciones provisionales de obra</i>	208
4.5.2.	<i>Desmontajes, demoliciones y movimiento de tierras</i>	210
4.5.3.	<i>Cimentación</i>	212
4.5.4.	<i>Estructuras de hormigón</i>	213
4.5.5.	<i>Superestructuras metálicas y cerramientos metálicos</i>	215
4.6.	MAQUINARIA	216
4.6.1.	<i>Maquinaria de movimiento de tierras</i>	216
4.6.2.	<i>Maquinaria de elevación</i>	219
4.6.3.	<i>Máquinas herramientas</i>	223
4.6.4.	<i>Máquinas varias</i>	226
4.7.	MEDIOS AUXILIARES	232
4.7.1.	<i>Andamios de borriquetas y plataformas de trabajo</i>	232
4.7.2.	<i>Escaleras</i>	233
4.7.3.	<i>Cimbras</i>	234
4.8.	MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	235

4.9. SERVICIOS DE PREVENCIÓN	236
4.9.1. <i>Coordinador en materia de Seguridad y Salud</i>	236
4.9.2. <i>Plan de Seguridad y Salud en el trabajo</i>	237
4.9.3. <i>Representante de seguridad del Contratista</i>	237
PRESUPUESTO	238
1. EQUIPOS	239
1.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	239
1.2. TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS	240
1.3. MOLIENDA DE CEMENTO	241
1.4. SILO DE ALMACENAMIENTO	244
1.5. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	247
2. MONTAJE.	248
3. OBRA CIVIL	249
4. ELECTRICIDAD	253
5. SEGURIDAD Y SALUD	254
6. RESUMEN DE PRESUPUESTO	255
CONCLUSIONES	256
BIBLIOGRAFÍA	258
ANEXO 1: MEMORIA AMBIENTAL	261
1. INTRODUCCIÓN.	262
2. FASE DE OBRA.	263
2.1. CAUSAS Y EFECTOS.	263
2.2. MEDIDAS CORRECTORAS.	264
3. FASE DE EXPLOTACIÓN.	264
3.1. CAUSAS Y EFECTOS.	264
3.2. MEDIDAS CORRECTORAS	265
4. CONCLUSIONES.	266
ANEXO 2: DIAGRAMA DE GANTT	268
ANEXO 3: PLANOS	269

INTRODUCCIÓN



1. OBJETO DEL PROYECTO.

El principal objetivo del presente proyecto es la obtención por parte del autor del título de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Mecánica.

El alcance del proyecto será la implantación de una planta de molienda de cemento, la instalación incluirá una nave de materias primas, sistema de dosificación, molienda de cemento, un silo de almacenamiento y dos cargas a granel.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto contará con documento explicativo del funcionamiento de la planta, pliego de condiciones técnicas, estudio de seguridad y salud y presupuesto. Para completar la comprensión del proyecto se adjuntan una serie de planos que aportan información añadida de las instalaciones.

3. LOCALIZACIÓN.

La planta de molienda de cemento en estudio estará situada en una parcela de uso industrial en el municipio de Yeles, provincia de Toledo.

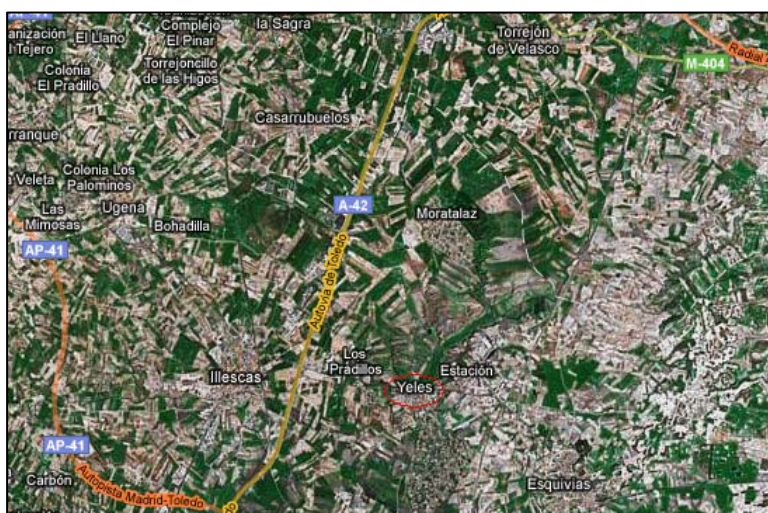


Figura 1.- Mapa de situación.

Su situación a 40 Km de Madrid y 45 Km de Toledo y las buenas comunicaciones de la zona junto a la autovía de Toledo A-42, autopista Madrid-Toledo AP-41 y la autopista



radial 4 lo convierten en una zona estratégica para la distribución de cemento a la zona centro de la península.

4. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

A continuación se describirá de forma esquemática cada una de las partes de las que consta el presente proyecto.

- **Introducción:** Se hace una breve descripción del entorno del proyecto, los objetivos que se esperan del mismo y se orienta sobre los puntos que se desarrollan a lo largo del informe.
- **Memoria:** Se hace una descripción pormenorizada de la instalación de la planta de molienda, teniendo en cuenta para cada caso la normativa a aplicar y sus condiciones propias.
- **Cálculos:** Este apartado viene a completar el apartado anterior describiendo los procesos que se han seguido para la elección de los equipos.
- **Presupuesto:** Se determina el coste total de cada instalación dando una visión por separado y global del aspecto económico en la construcción de la planta de molienda.

Enfocado a la obra:

- **Pliego de condiciones:** Describe las condiciones de diseño así como las calidades que deben tener la instalación.
- **Estudio de seguridad y salud:** se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Información Complementaria:

- **Conclusiones:** Se comenta el resultado tras la realización del actual proyecto, cómo se han conseguido los objetivos marcados al comienzo del mismo y la aportación que éste ha realizado a desarrollar los conocimientos propios de la carrera.



- **Bibliografía:** Relación de documentos que han sido de utilidad para la realización del presente proyecto.

Anexos: Completan la información recogida a lo largo del proyecto, incluyen planos y esquemas de la instalación, diagrama de Gantt y memoria ambiental.

5. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.

El cemento es un material básico para la construcción y la ingeniería civil. Se trata de una mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se hidrata iniciándose complejas reacciones químicas que derivan en el fraguado, la mezcla tiende a rigidizarse progresivamente hasta constituir un sólido de creciente dureza y resistencia.

El fraguado ocurre transcurrido un cierto tiempo desde el momento en que se realiza la mezcla lo que permite su manejo.

La producción de cemento y sus aplicaciones tiene, dentro del sector de minerales no metálicos, el vínculo más estrecho con la actividad edificadora, ya que sus productos están en su mayoría dirigidos a las diferentes etapas de la construcción; tanto a vivienda, como a infraestructura.

La principal aplicación del cemento es su uso para la fabricación de hormigones y morteros. Los primeros se componen de la combinación de cemento, gravilla, arena y agua; mientras que los segundos resultan de mezclar cemento, arena y agua. Los hormigones sirven como elementos estructurales en la construcción, mientras que los morteros sirven como materiales de pega en mampostería (paredes). El cemento se emplea fundamentalmente en construcción de edificios e infraestructuras, siendo el porcentaje más alto, 43 por ciento, el que se dedica a obra civil, seguido del 32,5 por ciento que se dedica a edificación residencial.

Esta fuerte relación con la actividad constructora hace del sector productor de cemento un sector estratégico para la industria. El consumo y producción están ligados directamente con la marcha del sector de la construcción y por tanto su evolución será en todo momento pareja a la situación económica general



La inversión necesaria para la construcción de una fábrica de cemento equivale aproximadamente a la fabricación de tres años, lo que la convierte en una de las actividades industriales más intensivas en capital. La fabricación de cemento es una actividad industrial intensiva en energía, térmica para las operaciones relacionadas con la cocción de las materias primas, y eléctrica para las operaciones de molienda, manipulación de materiales e impulsión de gases, Los costes energéticos se sitúan en torno al 30% de los costes de producción. La importancia de estos costes ha hecho que las empresas cementeras hayan optimizado sus procesos y equipos, mejorando progresivamente la eficiencia energética de las plantas de fabricación, especialmente desde los años 70; situando al sector cementero europeo en general y español en particular entre los más eficientes del mundo.

MEMORIA



1. . CONCEPTOS BÁSICOS DEL PROCESO DE MOLIENDA.

El cemento es el material obtenido como producto en una fábrica de cemento. El proceso de molienda forma parte del proceso productivo necesario para obtener cemento a partir de materias primas. Es uno de los procesos principales y el final de las operaciones tecnológicas en la fabricación del cemento, en él el clinker descargado del horno con la adición de cierta cantidad de yeso y en su caso otras adiciones se reducen a polvo fino con lo que se obtiene el producto final de todo el proceso: cemento.

En la industria del cemento casi el 75% del consumo total de energía eléctrica corresponde a las operaciones de molienda por lo que puede considerarse ésta una fase crítica, un buen estudio de las alternativas y un correcto dimensionamiento de los equipos que forman parte del proceso es fundamental para conseguir un aumento en el rendimiento final de la instalación.

El objetivo de un proceso de molienda es la reducción mecánica del tamaño de los materiales procesados, más concretamente se busca el aumento de la superficie específica del material y en extensión una adecuada reactividad del producto.

Generalmente se realiza mediante el uso de molinos en los que se introducen materiales moledores con el objeto de reducir el tamaño del mineral. La fragmentación del mineral se produce por la presión, los impactos y la erosión. Los principales mecanismos que intervienen en el proceso son:

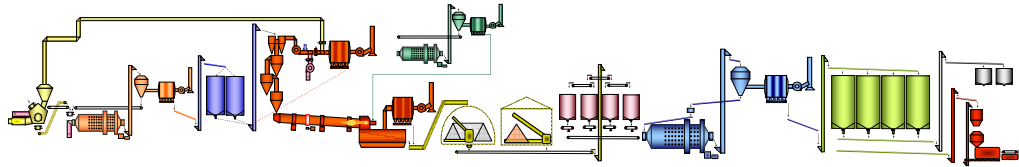
- Impacto: por los golpes y rebotes
- Presión (cizallamiento): las partículas de menor tamaño son apretadas entre las más grandes.
- Erosión: desgaste superficial de las partículas más grandes.

El proceso de molienda puede llevarse a cabo en las propias fábricas de cemento o en instalaciones independientes que parten de materias primas intermedias obtenidas en las fábricas (clinker) y otras que se extraen directamente de las canteras o que se obtienen como residuo en otros procesos como es el caso de las escorias de alto horno.



El presente proyecto consiste en la implantación de una planta de molienda independiente a la que las materias primas llegan por medio de camiones, pero para conocer el proceso de producción desde el principio se realizará una pequeña descripción de una planta completa, centrándonos luego en el estudio del proceso de molienda y de la planta objeto de este proyecto.

1.1. PRODUCCIÓN DE CEMENTO.



Se entiende por **cemento** portland la mezcla íntima de un clinker portland con un regulador de fraguado (yeso). El **clinker** se obtiene por la sinterización del crudo al pasar por un horno donde sufre un proceso de cocción. El **crudo** es la mezcla de las diferentes materias primas necesarias para obtener un determinado cemento.

Para explicar con claridad el proceso de producción del cemento distinguiremos las siguientes etapas:

1.1.1. EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Las materias primas básicas se extraen en canteras a cielo abierto por voladuras controladas. Estas contienen los componentes básicos de cemento: cal, sílice, alúmina y óxidos de hierro. Estos compuestos no suelen encontrarse en una sola sustancia en las proporciones adecuadas, por lo que habrá que recurrir a la mezcla de uno rico en cal y otro pobre en cal y rico en alúmina y óxidos de hierro (caliza y arcilla o caliza y marga)

Generalmente es necesario también el uso de otras materias primas secundarias para ajustar con mayor precisión la composición química del crudo, consiguiendo regular la temperatura de sinterización de la mezcla y la cristalización de los minerales de clinker. Estos elementos pueden ser naturales como la bauxita o el mineral de hierro, o bien tratarse de subproductos y residuos de otros procesos como cenizas de central térmica, escorias de alto horno o arenas de fundición. Las materias primas naturales deberán ser trituradas antes de incorporarlas al proceso con el fin de reducir su granulometría inicial.

1.1.2. PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.

La composición del clinker depende no solo de las materias primas utilizadas sino también de su dosificación así como de los procesos de cocción y enfriamiento. La adecuada preparación de las materias primas es fundamental para que en la fase de

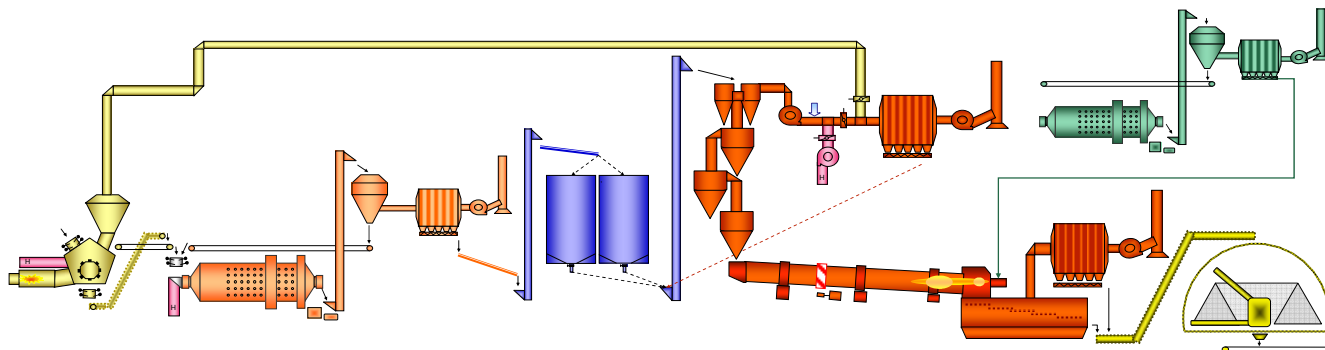
combustión se obtenga rápidamente clínker. Se deberá lograr una correcta dosificación que asegure la homogeneidad química y una finura elevada de los materiales de alimentación al molino de crudo de modo que se asegure que las partículas se vuelvan químicamente reactivas.

Las materias primas se transportan hasta la fábrica, normalmente en camiones, para asegurar las reservas de material en caso de desacoplamiento entre los trabajos de la fábrica y de la cantera, aquí se almacenan en naves independientes, parques de prehomogeneización, en el caso de que la calidad de los materiales sea variable. Estas se dosifican por medio de básculas para asegurar una alimentación químicamente homogénea al molino de crudo. Después del molino, el material (harina de crudo) posee una finura elevada que se puede controlar por el ajuste del separador que clasifica el producto a la salida del molino. El material así obtenido se almacena en silos estancos donde sufre un proceso de homogeneización final por aireación del fondo de silo.

1.1.3. PROCESO DE COCCIÓN. OBTENCIÓN DEL CLÍNKER.

En este proceso la harina de crudo se introduce en la torre de ciclones para intercambio de calor donde se lleva a cabo un proceso de calentamiento progresivo hasta alcanzar los 1.000°C . El crudo se introduce por la etapa superior descendiendo hacia los ciclones inferiores en contracorriente con los gases calientes de la combustión. En este proceso el crudo se seca, deshidrata y finalmente se descarbonata. El proceso de calcinación puede estar casi completado antes de la entrada del material al horno si se instala un precalcinador que consiste en una cámara de combustión a la que se añade parte del combustible.

La harina entra al horno rotativo parcialmente calcinada y es aquí donde se produce la



combustión controlada, la llama originada en el quemador principal puede alcanzar

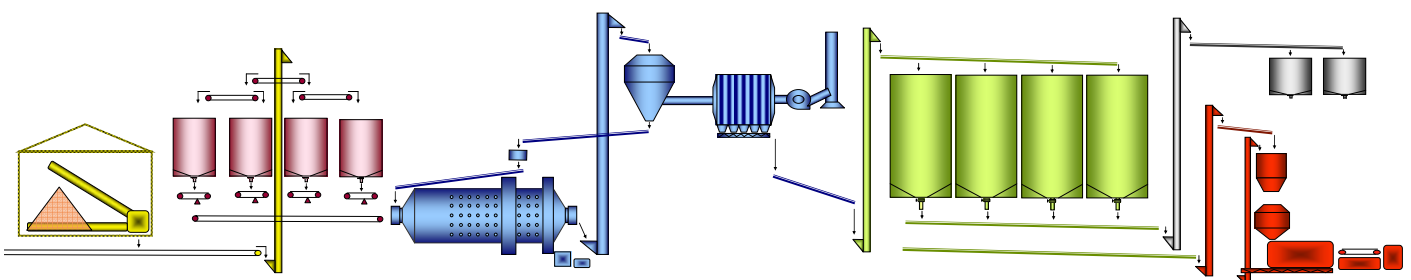
temperaturas del orden de 2.000°C . El horno consiste en un cilindro metálico, el interior está revestido con ladrillos refractarios que sirven para proteje la envolvente de las altas temperaturas alcanzadas en el proceso así como para rebajar las pérdidas de calor por radiación y convección. Su longitud puede sobrepasar los 150 m y los diámetros alcanzar los 4,5 m. Los hornos en los que se calcina el clínker son rotativos y giran a velocidades lentas que no sobrepasan las 4 r.p.m. (38-40 cm/s en velocidad tangencial). El material se mueve en el interior por gravedad debido a la inclinación del tubo (2 a 5%), la velocidad de rotación del horno favorece un transporte lento y la mezcla del material. El combustible se inyecta por el extremo inferior del horno mediante una tobera o mechero que se alimenta con carbón pulverizado (o fuel-oil).

El material sigue aumentando de temperatura hasta alcanzar un máximo de 1.450°C acaeciendo así la sinterización o clinkerización, proceso de formación de los componentes. Se requiere un exceso de aire en la zona de sinterización que asegure la atmósfera oxidante necesaria para que se produzcan las reacciones.

El aire del horno sale a la atmósfera por una chimenea a una temperatura que no debe superar los 120°C , antes de que el aire salga al exterior debe haber sido filtrado previamente mediante filtros electrostáticos o de mangas para evitar la emisión de polvo al aire ambiente. El polvo recogido se introduce de nuevo en el proceso.

El calor de los gases es reutilizado para el secado y molienda del crudo y combustibles.

El clínker a la salida del horno debe ser enfriado de modo rápido y eficiente, de otro modo podrían invertirse el sentido de las reacciones disminuyendo la resistencia del cemento. Un correcto enfriamiento ayuda a fijar las características del producto tales como estructura composición mineralógica y molturabilidad facilitando su manejo en las fases y equipos siguientes. El aire caliente del enfriamiento (aire secundario) se utiliza en la combustión mejorando el rendimiento energético.





Después del enfriamiento el producto obtenido es el clinker, materia prima para la producción del cemento. La siguiente fase en el proceso productivo es la fase de molienda que deberá sufrir el clinker junto con el yeso que actúa como regulador de fraguado y las diferentes adiciones que se pueden incorporar en función de las propiedades y del tipo de cemento que se desee conseguir. Ya que el presente proyecto trata de una instalación de molienda de cemento este proceso se estudiará con más detenimiento en los apartados siguientes y en general a lo largo de todo el proyecto.



1.2. MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO.

El proceso de molienda en circuito cerrado se caracteriza porque los gránulos gruesos pasan varias veces por el molino, la rápida separación de los finos consigue que el producto final tenga una composición granulométrica regularizada obteniéndose gamas granulométricas desde ancho moderado a estrecho. En los procesos en circuito abierto el material atraviesa una sola vez por el molino pasando directamente a la siguiente etapa sin pasar por ningún proceso de cribado o clasificación, de forma que ninguna fracción de material retorna al molino, lo que hace que se obtengan una gran variedad de tamaños de grano.

En este tipo de instalaciones la molienda se realiza en instalaciones de circuito cerrado.

Los grandes rangos de valores granulométricos debidos a variaciones en el tamaño de grano afectan de forma negativa a la calidad del cemento, por ello se ha impuesto el uso de circuitos de molino con separador sobre el molino de cámara en circuito abierto. Además los procesos con molinos de bolas en circuito abierto necesitan una potencia de accionamiento mayor que los de circuito cerrado para productos que contengan una misma granulometría, la eficacia de la molienda en circuito abierto es peor pero tiene la ventaja de una mayor simplicidad de ejecución, mantenimiento e instalación siendo mayor la inversión y el coste de operación de los circuitos cerrados, es por esto que generalmente sólo se utilicen para obtener un producto vendible o como última etapa en un proceso de molienda.

En la molienda en circuito cerrado el material que sale del molino pasa por un proceso de selección; las partículas con finura suficiente se retiran por medio de aire en el separador como producto final y siguen el proceso y las de tamaño superior retornan al molino donde experimentan otra fase de molienda. El proceso de molienda propiamente dicho se lleva a cabo en el molino, el separador solo separa los finos contenidos en el producto molido mejorando las condiciones técnicas y consiguiendo granulometrías más ajustadas.

En el proceso de molienda por vía seca en circuito cerrado es necesario el uso de un molino de tubo, un elevador, separador de aire, filtros, etc. En el caso de que las materias primas tengan un elevado porcentaje de humedad será necesaria la instalación de un sistema de secado que reduzca la humedad. Para grandes producciones en molienda por

vía seca los molinos de bolas se dividen en dos cámaras y puede introducirse también un segundo filtro para aspiración del molino.

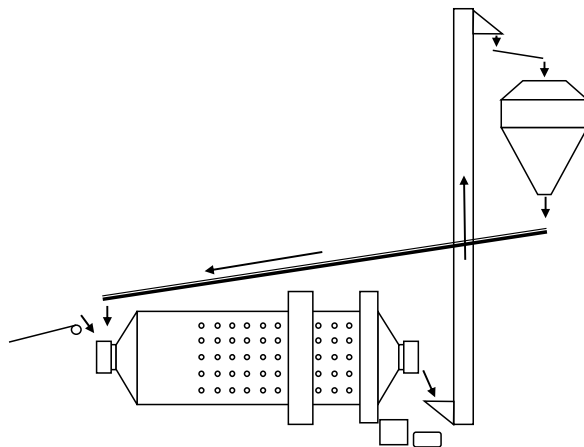


Figura 2.- Molienda en circuito cerrado

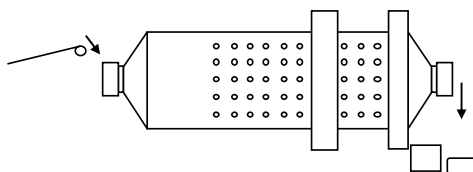


Figura 3.- Molienda en circuito abierto.



2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

A continuación se describen los procesos para llevar a cabo la implantación de una planta de molienda de cemento en Yeles (Toledo)

2.1. DATOS DE PARTIDA

Se pretende realizar la implantación de una planta de molienda con una capacidad de producción de **90 t/h de cemento tipo CEM II 42,5**, en la planta podrán producirse también otros dos tipos de cemento, las características de estos cementos se representan en la siguiente tabla:

Producto final	Finura	Composición		
Cemento	Blaine	Clinker	Caliza	Yeso
	SSB	%	%	%
CEM II A-L 42,5 N	3800	86	10	4
CEM II A-L 32.5 N	3500	78	18,2	3,8
MC 5 (cemento de albañilería)	3000	66	30	4

Tabla 1.- Características de los cementos a fabricar.

Conocer las características de las materias primas que se van a utilizar para obtener dichos productos es un punto muy importante ya que de estas dependerán el dimensionamiento y elección de muchos de los equipos que constituyen la instalación.

	Unidades	Clinker	Caliza			Yeso		
Humedad	%	0	min 4,5	medio 8,5	Máx. 14	min 1,5	medio 3	Máx. 5,5
Comportamiento		abrasivo	pegajoso			N/A		
Temperatura	°C	Ambiente	Ambiente			Ambiente		
Densidad		1,4	1,03			1,57		
Granulometría	mm	0-30	0-50			0-50		

Tabla 2.- Características de las materias primas.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE LA PLANTA.

2.2.1. MOLINO HORIZONTAL DE BOLAS.

El molino tubular es una maquina constituida esencialmente por un tubo cilíndrico giratorio alrededor del propio eje colocado horizontalmente sobre dos soportes y revestido interiormente con un blindaje para protección de la virola. El movimiento de rotación del molino está garantizado por un grupo de accionamiento compuesto por: motor eléctrico, reductor, piñón y corona.

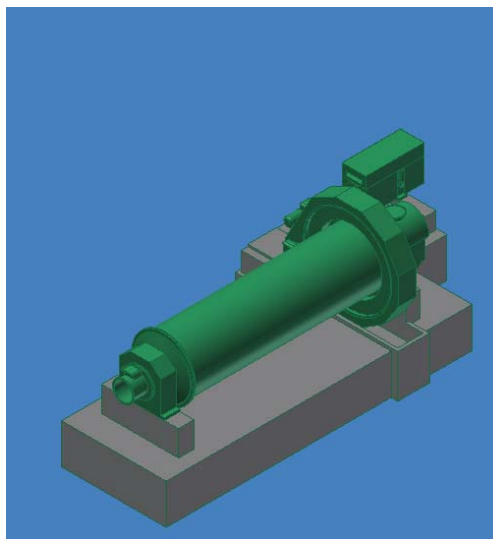


Figura 4.- Modelo 3D molino

En este tipo de molino, la molienda se efectúa por medio de los cuerpos moledores esféricos contenidos en el interior del revestimiento en continuo movimiento giratorio.

Junto a los cuerpos moledores, que son los medios principales de molienda, se encuentra, íntimamente mezclado el material a moler.

El conjunto, cuerpos moledores-material, es elevado continuamente por la rotación del molino para después volver a caer describiendo las más variadas y diferentes trayectorias, intentando controlar el sentido hacia el fondo del revestimiento.

La altura de elevación, y por esto, de caída de la mezcla de los cuerpos moledores y de material a moler depende de la velocidad de rotación y de la fricción existente tanto en el interior de la masa en movimiento como entre la misma masa y las paredes internas del revestimiento.

Simultáneamente a la caída de los cuerpos moledores, y al efecto de aplastamiento por



choque, se desarrolla también un trabajo de fragmentación por fricción del material infiltrado tanto entre los cuerpos moledores como entre estos y las paredes internas acorazadas del molino.

El molino consta de dos cámaras separadas por un tabique intermedio. El material entra a la primera cámara donde experimenta un primer proceso como el anteriormente descrito de fragmentación y aplastamiento contra los cuerpos moledores y el blindaje de revestimiento. La primera cámara del molino contiene las bolas de mayor diámetro, con diámetros que oscilan entre los 90 y 60 mm, el grado de llenado bolas de la cámara estará en torno al 30%. El blindaje de esta primera cámara de tipo levantador y con efecto bóveda esto es que una vez fijadas un número determinado de placas el resto se sostiene sin necesidad de anclajes por medio de las fuerzas que ejercen entre ellas; este blindaje es de aleación ligera lo que facilita su manipulación y convierte su montaje en una tarea muy flexible gracias al gran abanico de posibilidades que ofrece para disponerlo a lo largo las paredes de la cámara.

El material pretriturado pasará a la segunda cámara a través de un tabique intermedio, que deja pasar a la segunda cámara sólo el material pretriturado en la primera. La principal función de este es la separación de los cuerpos moledores de preparación y acabado de material y asegurar el libre paso de aire de ventilación a través del molino, reteniendo el material el tiempo necesario hasta que haya alcanzado el grado requerido de trituración para pasar a la segunda cámara. Este tabique incorpora una serie de álabes ajustables que permiten regular el paso de material, estos recogen la materia necesaria en el depósito dentro del tabique y lo dirigen a la segunda cámara.

La segunda cámara cuenta con un conjunto de cuerpos moledores de diámetro inferior que completan la molienda de la mezcla. El blindaje de revestimiento de esta segunda cámara es de tipo clasificador, fabricado en material de fundición antidesgaste completamente atornillado a la virola (tubo) del molino, su misión es asegurar una rápida y eficiente clasificación de los cuerpos moledores para adaptar la carga a la granulometría del material, permitiendo un eficiente rozamiento y un suave fluir del material a través de la segunda cámara. Este tipo de blindaje favorece el bajo desgaste de los cuerpos moledores debido a que dirige el deslizamiento de estos por las paredes de la segunda cámara de la forma más óptima reduciendo el consumo de energía y mejorando la clasificación de la carga para facilitar la trituración de la mezcla. Esta mezcla pasará a través del tabique de salida solo si el producto ha alcanzado las dimensiones requeridas.

El tabique de salida garantiza una superficie de paso máxima con una pérdida de carga reducida y en consecuencia una ventilación óptima. Debido a la disposición del chasis (que cuenta con una serie de rejillas de paso) permite el paso libre de materia molida a la vez que las rejillas impiden el paso de los cuerpos moledores gracias a su solapado.

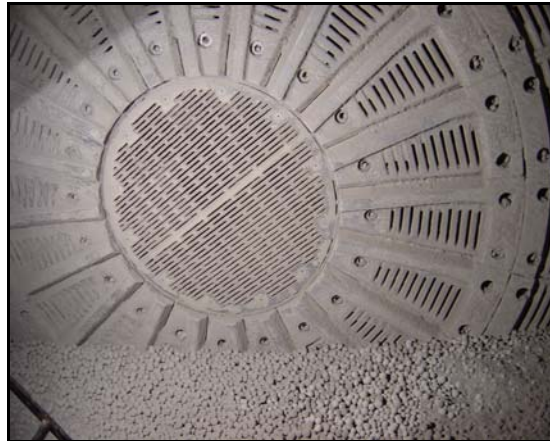


Figura 5.- Interior de molino.

El resultado final es la modificación de la estructura granulométrica gruesa del material alimentado en el molino, y especialmente la reducción de este material a una dimensión granulométrica tal que confiere al producto que abandona el molino, características específicas de afinamiento bien definidas y diferentes de aquellas que tenía en el momento de la alimentación del mismo al molino.

El producto final descargado del molino será descargado a través de un aerodeslizador.

Los soportes del molino están realizados en carpintería electrosoldada, en su interior se ha soldado un macizo que contiene el porta cojinetes esférico sobre el que se apoya el cojinete verdadero fabricado en acero blanco. La lubricación de los cojinetes deberá ser automática y estará garantizada por una bomba de baja presión. El sistema de lubricación es necesario para minimizar la fricción entre los equipos en rotación evitando el sobrecalentamiento y agarrotamiento del cojinete.

2.2.2. SEPARADOR.

La función del separador es clasificar el producto, separando la materia pulverulenta en dos flujos, uno de producto final y otro de producto grueso.

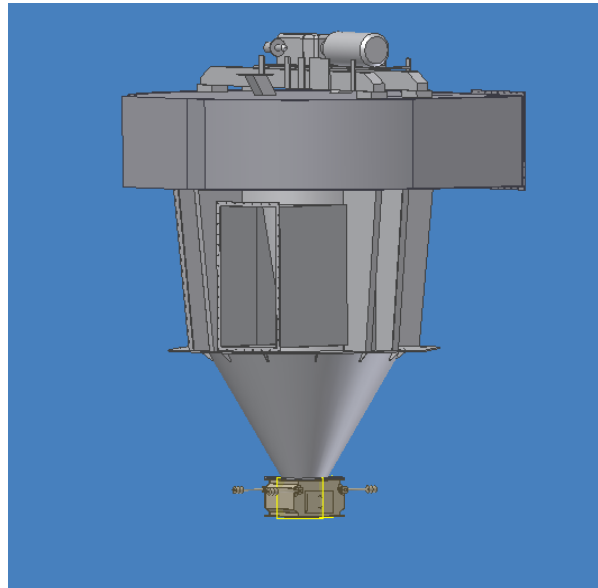


Figura 6.- Modelo 3D separador

El principio de funcionamiento del separador es el siguiente: el material a separar es alimentado por los canales superiores del separador y cae por gravedad en las placas giratorias de distribución, de esta forma se distribuye y cae en forma de cortina frente a las barras de selección del rotor el material es retenido en la cámara de clasificación, gracias a deflectores troncocónicos (laberintos) que minimizan la turbulencia del aire, hasta que los finos son separados de los gruesos. Las partículas rechazadas por efecto de la fuerza centrífuga o debido a choques con los barrotes de selección son mantenidas en la zona de clasificación gracias a los deflectores. Los finos son arrastrados por el flujo de aire hacia la cámara de finos, mientras que las partículas gruesas caen al cono de rechazos.

La entrada de aire ambiente se hace de forma tangencial al igual que la salida de aire más finos. Esta mezcla es conducida directamente hacia un sistema de desempolvado, generalmente un filtro de mangas, que estará situado detrás del separador, lo más cerca posible a este de forma que se evite un incremento innecesario de la pérdida de carga del sistema.

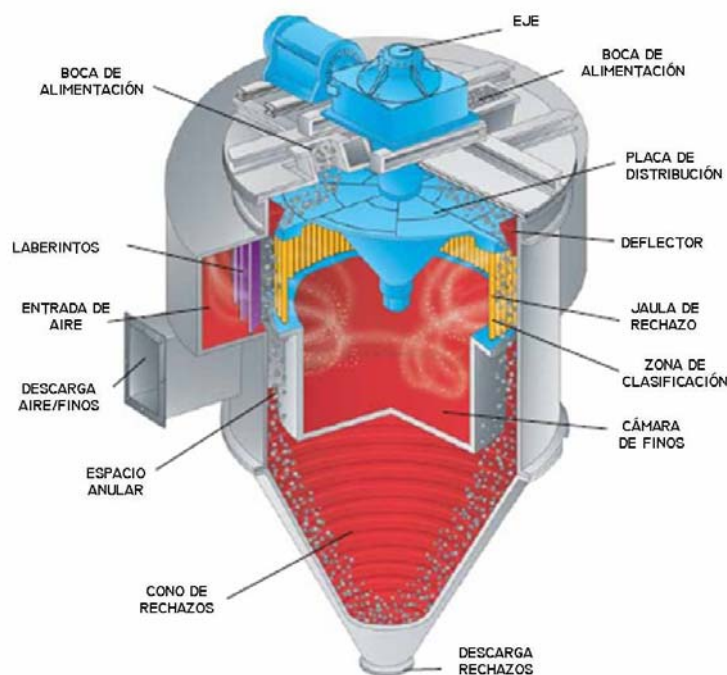


Figura 7.- Modelo 3D separador

2.2.3. FILTRO DE MANGAS.

El filtro de mangas es el dispositivo usado para limpiar los gases del polvo, su función consiste en recoger las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa, esto se consigue haciendo pasar dicha corriente a través de un tejido, nos servirá como medio para que el aire de transporte usado en los diferentes sistemas de la instalación pueda ser filtrado antes de ser expulsado a la atmósfera

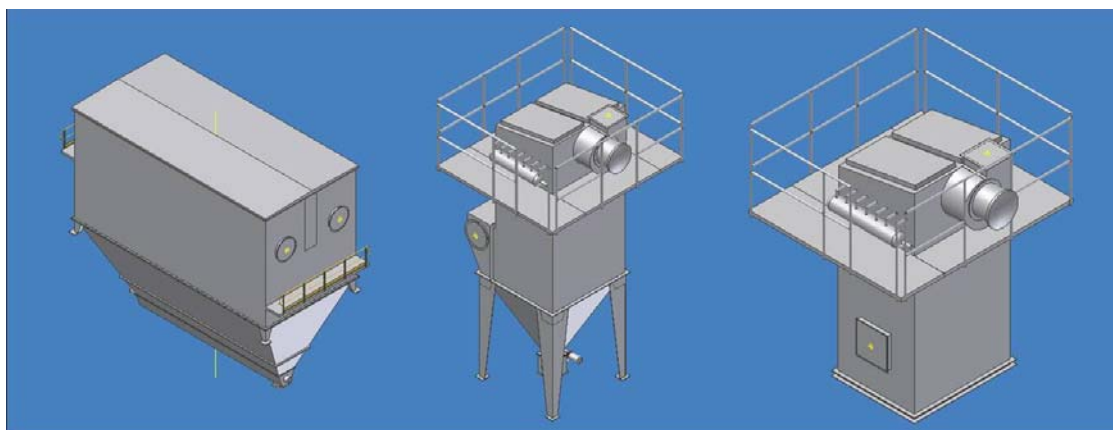


Figura 8.- Modelos 3D filtros (de izquierda a derecha: de proceso, con tolva y encastrable)



La separación del sólido se efectúa haciendo pasar el aire con partículas en suspensión mediante un ventilador, a través de la tela que forma la bolsa, de esa forma las partículas quedan retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta filtrante. De esta manera la torta va engrosando

El filtro consta de dos cámaras, la de aire sucio y la de aire limpio, el aire con partículas en suspensión debe pasar a través de un medio poroso que retiene el polvo y permite el paso del aire mediante un ventilador que fuerza el flujo. Este medio poroso lo forman una serie de mangas soportadas por jaulas metálicas, una placa perforada separa ambas cámaras y soporta las mangas filtrantes de forma que el aire pasa a través de las mangas pero el polvo permanece en ellas quedando las partículas retenidas entre los intersticios de la tela. La masa de polvo adherida a las mangas va engrosando con lo que aumenta la pérdida de carga del sistema. Para evitar disminuciones en el caudal es necesario realizar una limpieza periódica de las mangas. La limpieza de las mangas se lleva a cabo mediante la inyección de aire comprimido; introduciendo, en contracorriente y durante un breve periodo de tiempo un chorro de aire a alta presión mediante una tobera conectada a una red de aire comprimido, de esta forma es posible tratar altas concentraciones de polvo con elevadas eficacias. Mediante este tipo de filtro se pueden tratar mezclas de difícil separación en una unidad compacta y económica, con mayor eficacia que los otros tipos de filtros. Durante el ciclo de limpieza el polvo cae por gravedad en la tolva situada bajo la cámara de aire sucio y es devuelta al circuito, esta recuperación implica una reducción de los costos directos y un máximo aprovechamiento de los recursos evitando también la generación de residuos. El aire limpio fluye por el espacio exterior de las mangas y se lleva por una serie de conductos hacia la chimenea de escape.

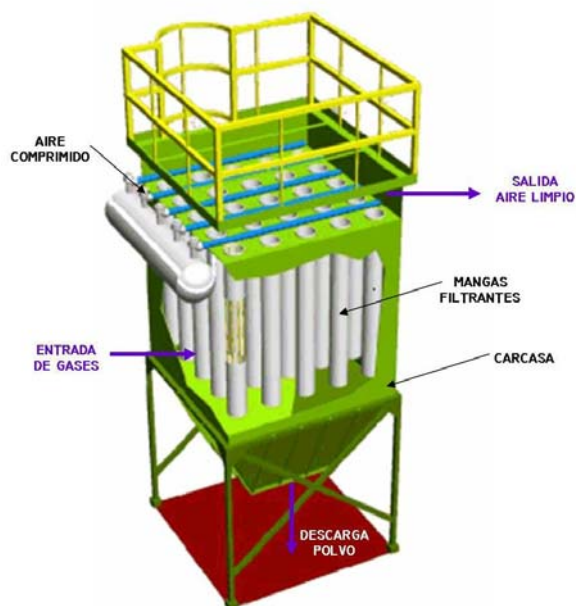


Figura 9.- Componentes filtro de mangas.

La captación y depuración de partículas es un problema de gran importancia en los distintos procesos industriales que generan emisiones a la atmósfera. La recuperación las partículas de polvo del gas es vital para cualquier industria para evitar los problemas de polución y aumentar el rendimiento de la planta devolviendo el producto captado al circuito.

La instalación de filtros de mangas en la planta persigue entre otros los siguientes objetivos:

- Control de la contaminación del aire.
- Reducción del coste de mantenimiento de los equipos.
- Eliminación de peligros para la salud o para la seguridad.
- Mejora de la calidad del producto.
- Recuperación de producto.
- Recogida de productos en polvo.

En función de la disposición de los equipos de captación existirán filtros cuya principal misión es evitar la contaminación del aire expulsado al exterior reduciendo las posibles emisiones del polvo a la atmósfera (filtros de desempolvado) y otros cuya principal misión es la recogida de productos en polvo y la mejora de la calidad del producto (filtros de proceso).

2.2.4. CAUDALÍMETRO DE IMPACTOS.

Los caudalímetros de impacto miden el caudal másico circulante, la medición puede efectuarse en productos con densidades y caudales muy diferentes y materiales fluidificados comportándose como un fluido.

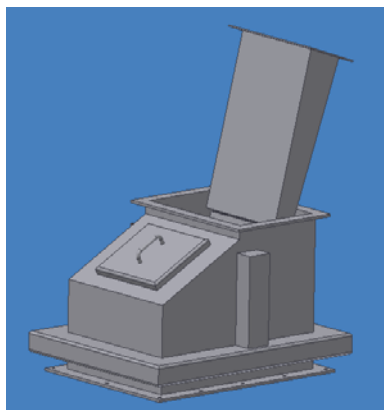


Figura 10.- Modelo 3D caudalímetro.

El material sólido entra en el medidor de caudal por la placa de guía del caudal y pega en la placa sensora, generando una fuerza mecánica y continua sin interrumpir el proceso o la producción. El principio de funcionamiento del caudalímetro de impacto se basa en la fuerza de impacto, transmitida por la cantidad de materia que impacta con la placa en un instante dado, es decir, el caudal másico.

La célula de peso, sólo registra las fuerzas horizontales producidas sobre la placa de impacto (registra únicamente la medida horizontal) no afectándole el ensuciamiento de la misma.

El sistema de captación de fuerza, está montado sobre un juego de palancas estático, que se articula mediante cuatro láminas de flexión cruzadas, no teniendo desgaste y por tanto, están exentas de mantenimiento.

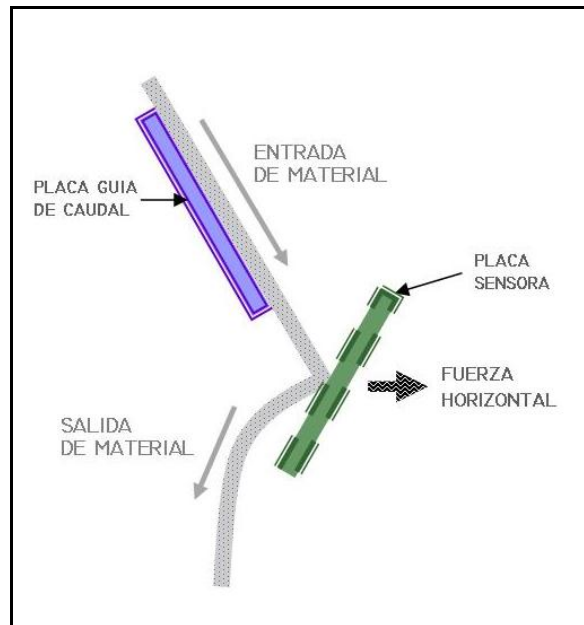


Figura 11.- Funcionamiento caudalímetro

Está formado por una caja, dividida en dos zonas:

- Parte superior: por la que entra el material que pasa por una zona de tranquilización y reparto del material para conseguir una velocidad inicial de caída nula.
- Parte inferior: que cuenta con un canal ajustable, para la conducción del material hacia el centro de la placa de impacto.

2.2.5. ELEVADORES DE CANGILONES.

Se trata de sistemas utilizados para el transporte vertical de materiales sólidos a granel. El material es recogido en la parte inferior del elevador y descargado por gravedad en la parte superior. Existen dos tipos de elevadores de cangilones diferenciados por el sistema de tracción utilizado, de esta forma podemos encontrar elevadores de cadena o de banda. Los primeros suelen utilizarse únicamente para el transporte de productos altamente abrasivos, ya que es un sistema más resistente pero supone un coste de inversión más elevado.



Figura 12.- Modelo 3D elevador de cangilones.

- ELEVADORES DE BANDA.

Están indicados para el transporte de materiales con temperaturas moderadas pulverulentos o de poca granulometría. Incorporan un sistema automático para el tensado de la banda.

Antiguamente se utilizaban bandas textiles pero en la actualidad estas se han sustituido casi por completo por bandas con cables de acero que presentan muchas ventajas con respecto a sus predecesoras, tales como la elasticidad, un 90% menor, lo que consigue que no sea necesario acortar la banda tras un tiempo de funcionamiento para su tensado reduciendo así las operaciones de mantenimiento e inspección. Una simple inspección visual puede dar idea del estado de la banda, esta sólo deberá ser sustituida si los cables de acero están descubriendo un área grande, en las bandas textiles los recubrimientos ocultan la trama textil que está sufriendo realmente la tracción.

- ELEVADORES DE CADENA.

Se utilizan para el transporte de materiales con granulometrías medias, alta abrasividad o elevadas temperaturas.

2.2.6. AERODESLIZADORES.

Para realizar una primera clasificación podemos distinguir entre dos tipos diferentes de aerodeslizadores:

- ABIERTOS:



Figura 13.- Sección transversal aerodeslizador abierto.

Se utilizan principalmente para cubrir el fondo de silos y tolvas con sistemas de fluidificación. Este tipo de aerodeslizadores dispone únicamente de una cámara inferior y una cubierta de lona de forma que al inyectar el aire desde la cámara inferior este atraviesa la lona y pasa directamente al interior del silo; en la cámara inferior se localizan las bocas de entrada de aire que estarán conectadas mediante una red de tuberías y válvulas hasta la correspondiente soplante.



Figura 14.- Modelo 3D aerodeslizador abierto

- **CERRADOS:**

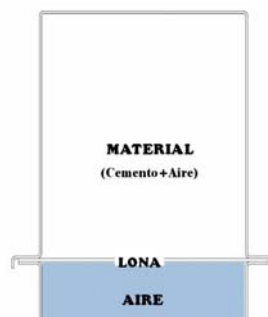


Figura 15.- Sección transversal de aerodeslizador cerrado.

Los aerodeslizadores cerrados son sistemas que permiten el transporte de gran cantidad de material pulverulento a diferentes puntos, gracias a la inyección de aire y al efecto de la gravedad, con una inclinación que varía entre 5° y 12° y un coste energético mínimo.

Un aerodeslizador cerrado consiste en un conducto formado por la unión de 2 perfiles en U, entre ambos perfiles se interpone un material poroso, de esta forma el interior se divide en dos cámaras. Por la cámara superior se desplaza el cemento junto con el aire que ha atravesado la lona, y en la cámara inferior está el aire inyectado por un ventilador o una soplante a través de bocas de entrada de aire. El flujo de aire ascendente atraviesa el material poroso introduciéndose en la cámara superior, de esta forma se consigue mantener las partículas parcialmente suspendidas en el interior de la cámara superior, gracias a esto y al efecto de la gravedad la mezcla pasa a comportarse de forma similar a un líquido, haciendo fácil su manipulación.



Figura 16.- Aerodeslizador cerrado.

2.2.7. BÁSCULAS DOSIFICADORAS.

Las básculas dosificadoras de banda están diseñadas para el control continuo del flujo continuo de acuerdo a una capacidad definida. Especialmente cuando se tienen que dosificar mezclas constantes y exactas como es el caso que nos ocupa.

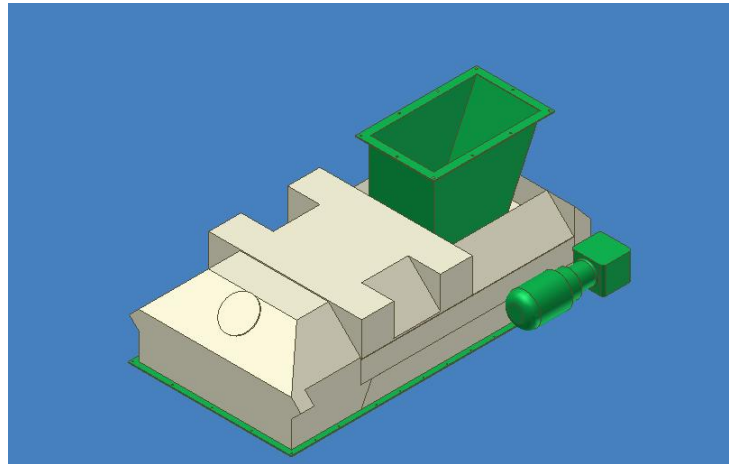


Figura 17.- Modelo 3D dosificadora

El modo de funcionamiento de las básculas dosificadoras consiste en hacer pasar el material, mediante una cinta transportadora corta situada bajo la tolva de alimentación, sobre una báscula que está soportada por cuatro flejes, dos horizontales y dos verticales, que absorben los esfuerzos horizontales y permiten solamente los esfuerzos verticales de carga y son directamente proporcionales al caudal másico.

Estos esfuerzos verticales están calibrados mediante células, el bastidor de pesaje mide el peso del material y lo convierte en una señal eléctrica de salida proporcional a la carga sobre la banda. Suelen incorporar una compuerta de regulación. Un sensor digital controla continuamente la velocidad de la banda. La unidad electrónica multiplica la señal de peso por la velocidad obteniendo el caudal instantáneo; del cálculo de la integral de este último valor se obtiene la medida del totalizado.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.

Esta descripción muestra los principios básicos del proceso de molienda en la planta de molienda de cemento.

Con el fin de describir de una manera más sencilla el proceso de molienda dividiremos la planta en las siguientes zonas:

- Zona de almacenamiento de materias primas
- Zona de tolvas de materias primas
- Zona de molienda
- Silos de almacenamiento y extracción de cemento
- Carga a granel.
- Ensacado, paletizado y enfardado.

Un esquema genérico de una planta de molienda completa podría ser el que aparece a continuación.

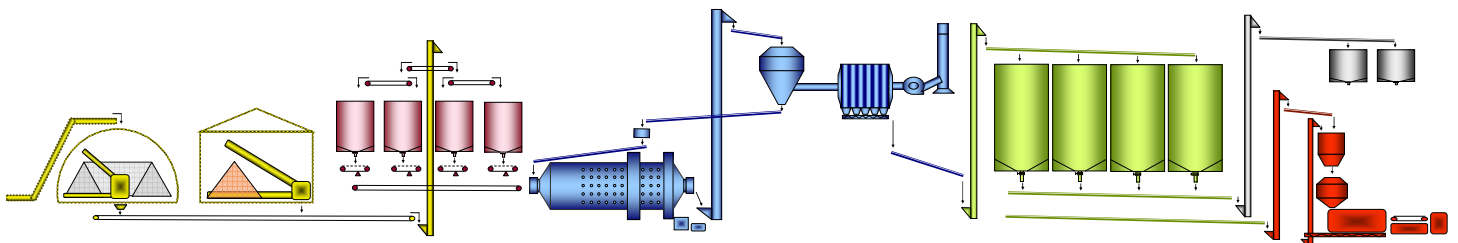


Figura 18.- Esquema de una planta de molienda.

Para ilustrar de forma más exacta la descripción del proceso que se llevará a cabo en la instalación objeto del presente proyecto se ha desarrollado el siguiente esquema, para facilitar la comprensión del proceso se han diferenciado las zonas en que puede dividirse la instalación mediante el uso de un código de colores.

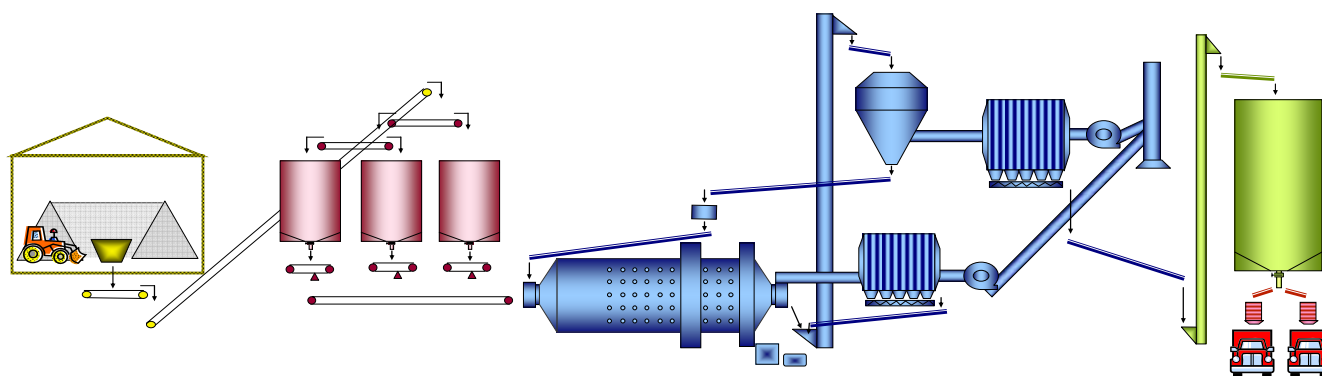


Figura 19.- Esquema de la planta en estudio.

2.3.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.

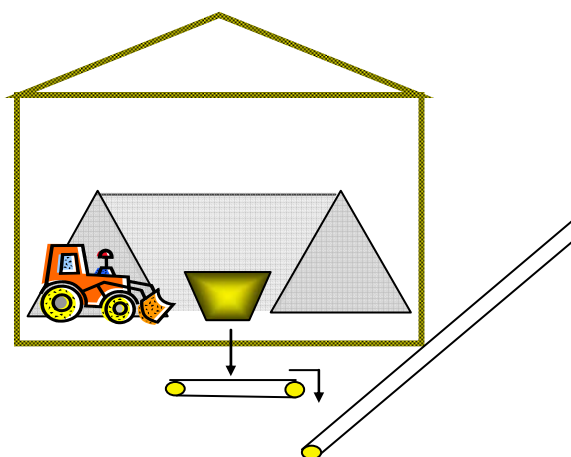


Figura 20.- Almacenamiento de materias primas.

Las materias prima que se utilizarán en el proceso de molienda deben estar protegidas de la intemperie de modo que se evite un posible aumento de la humedad en dichos productos, aunque la principal razón para que tanto el almacenamiento como la manipulación de las materias primas se realicen a cubierto y en espacios cerrados es minimizar las eventuales emisiones de polvo durante el trasiego de materiales. El almacenamiento de las materias primas puede realizarse de diversas formas, pueden encontrarse de esta manera desde naves de almacenamiento en las que una pala es la

encargada de guiar el material hasta un tolva que alimentará los sistemas de transporte que lo lleven hasta el edificio de molienda, hasta sistemas completamente automatizados que permiten una mayor capacidad de almacenamiento y reducen las necesidades de mano de obra, ajustando la alimentación del sistema de transporte a tolvas en función de la capacidad requerida en cada momento.

Para el presente proyecto se ha decidido optar por una solución sencilla en la que el sistema de descarga se realizará mediante pala a una tolva equipada con una compuerta de barras para el corte del flujo de material durante operaciones de mantenimiento. Desde aquí se descarga el material en una cinta equipada con variador de velocidad de forma que se asegure un caudal de alimentación continuo a la siguiente cinta inclinada encargada de la elevación del material hasta la zona alta de las tolvas.

Desde la cinta principal por medio de dos cintas reversibles el material llega hasta la tolva correspondiente.

2.3.2. TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS.

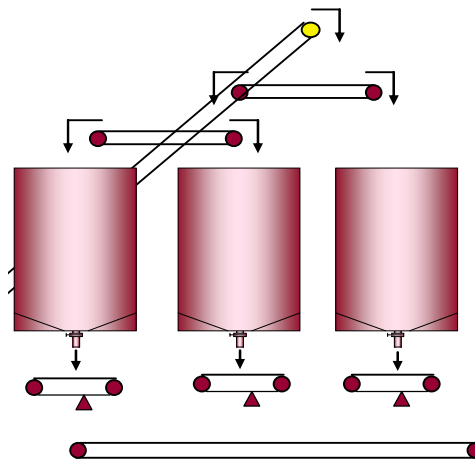


Figura 21.- Dosificación de materias primas.

Las tolvas se dimensionan para distintas capacidades dependiendo del porcentaje de material necesario en la mezcla, que será determinado a partir del tipo de cemento que se desee fabricar. Para elegir la capacidad de estas tolvas tendremos que seleccionar también un mínimo de horas de funcionamiento sin alimentación de material desde la nave de almacenamiento de materias primas.

El nivel de cada tolva es controlado mediante indicadores de nivel, uno de máxima y otro de mínima. Gracias a este sistema podremos seleccionar la tolva que debe ser alimentada en cada momento.

El material almacenado en las tolvas se descarga en una serie de básculas dosificadoras de cinta que son las encargadas de la dosificación del material de acuerdo a los porcentajes necesarios para lograr la producción deseada. La descarga de las básculas se realiza en una cinta transportadora que transporta la mezcla hasta la entrada del molino. En la descarga al molino se instalará una caja de piedras escalonada que permita que se forme una cama de material que reduzca la abrasión y disminuya el rozamiento entre el material de la caja y las materias primas, además las zonas que se considere de mayor riesgo y debido a la alta abrasividad del clinker se protegerán con creusabro.

En el caso de que la humedad de las materias primas sobrepase el 12%, como ocurre en el caso que nos ocupa, será necesario instalar un generador de gases calientes en la entrada del molino para secar los materiales en la primera cámara evitando de esta forma posibles problemas de fraguado en el interior del molino, para asegurar que el secado se lleva a cabo de manera adecuada el molino se diseñará incorporando una cámara de secado que precederá a las cámaras de molienda.

2.3.3. MOLIENDA.

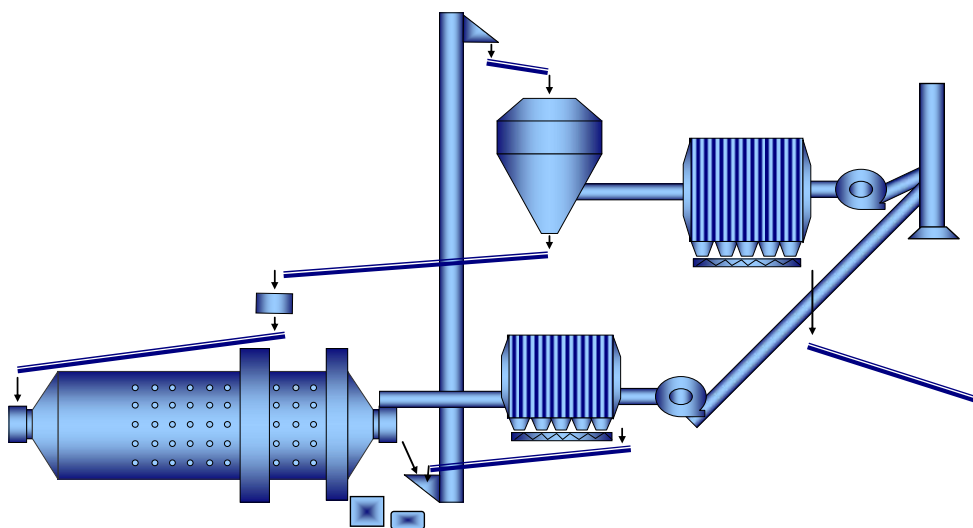


Figura 22.- Molienda. Edificio del molino.



El material se muele en un molino horizontal de dos cámaras, existe un tabique intermedio que es el encargado de realizar dicha división. El interior del molino está equipado con un blindaje que evita desgastes en la virola.

La mezcla de materias primas con las proporciones adecuadas se introduce en el molino por el testero de entrada, en la primera cámara el material es machacado por una serie de bolas metálicas, siendo este el primer paso del proceso de molienda. Cuando el material molido en esta etapa alcanza la finura necesaria pasa a través del tabique intermedio que separa las particular más finas de forma que estas llegan hasta la segunda cámara donde tiene lugar un segundo proceso de molienda, en este paso las bolas usadas para moler el material son de un diámetro inferior a las localizadas en la primera cámara, de esta forma se consigue un proceso de molienda que da como resultado final un producto más fino. Al final del proceso el material sale del molino por el testero de salida. En la salida las partículas más finas son aspiradas por el filtro de barrido del molino, el resto de las partículas caen por gravedad a un aerodeslizador que gracias al efecto del aire y a una pequeña inclinación, transporta el cemento como si se tratara de un fluido hasta la entrada de un elevador de cangilones; el material recuperado en el filtro de barrido se transportará también hasta el elevador de recirculación volviendo al proceso. Existen muchas instalaciones en las que no se cuenta con filtro de barrido, la instalación de este segundo filtro se realiza con el fin de que ayude en la aspiración del molino, es recomendable su instalación si las capacidades de producción son altas. En el caso que nos ocupa y viendo las producciones que se desea alcanzar, instalaremos este segundo filtro con el fin de asegurar una correcta aspiración de los gases que circulan por el interior del molino.

El material descargado en el elevador es transportado hasta la altura deseada, descargándolo a continuación en otro aerodeslizador que lo guía hasta el separador.

La alimentación al separador se realiza por dos aerodeslizadores situados en lo alto del separador, de esta forma se consigue una mejor distribución del material. Es necesario separar en el producto descargado en el molino las partículas con la finura deseada de las partículas más gruesas. La separación se realiza por barrido de aire, las partículas en corriente rotativa de aire quedan sometidas a la acción de las fuerzas ejercidas por el aire, gravedad y centrifuga. Dependiendo de la fuerza que prevalezca, las partículas con un peso mayor caerán al cono de rechazos siendo transportadas hasta la entrada del molino por aerodeslizadores (circuito cerrado), entre estos se intercala un caudalímetro de impactos encargado de dar la medida de rechazos en el proceso.; mientras, los finos son



guiados por el flujo de aire a través de la cámara de finos hasta un sistema de recogida, generalmente un filtro de mangas.

La finura del producto puede seleccionarse desde la sala de control cambiando la velocidad de selección del rotor.

El filtro de mangas es el dispositivo usado para limpiar los gases del polvo. El filtro consta de dos cámaras, la de aire sucio y la de aire limpio, el aire debe pasa a través de un medio poroso que retiene el polvo y permite el paso del aire. Este medio poroso lo forman una serie de mangas soportadas por jaulas metálicas, una placa perforada separa ambas cámaras y soporta las mangas filtrantes el aire pasa a través de las mangas pero el polvo permanece en ellas. La limpieza de las mangas se realiza mediante la inyección de aire comprimido. Durante el ciclo de limpieza el polvo cae por gravedad en la tolva situada baja la cámara de aire sucio.

El producto final es recogido por un sinfín que lo guía hasta la salida de la tolva del filtro donde existe una válvula rotativa que extrae el producto final e impide que el aire usado en el aerodeslizador regrese al interior del filtro.

2.3.4. SILO DE ALMACENAMIENTO Y EXTRACCIÓN DE CEMENTO

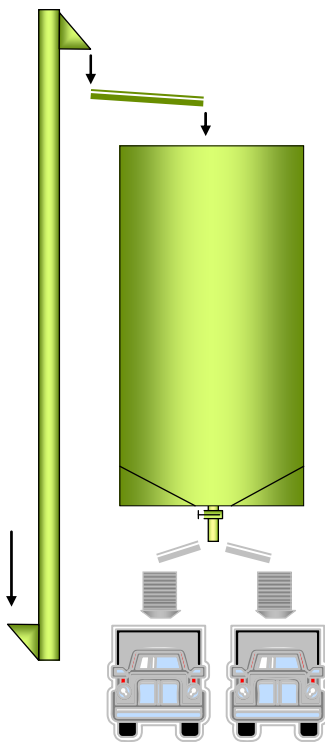


Figura 23.- Silo de almacenamiento.

El cemento es transportado hasta el silo por medio de un sistema compuesto de un elevador de cangilones, que eleva el producto final hasta un aerodeslizador, desde aquí es descargado por la parte superior del silo, y se almacena sobre la losa de fondo y el cono.

En el presente proyecto se ha incluido un único silo de almacenamiento, podrían incluirse nuevos silos a la instalación sin realizar grandes modificaciones, simplemente incluyendo las válvulas de desvío y aerodeslizadores necesarios para el transporte desde el elevador hasta los nuevos silos.

La misión de los silos es el almacenamiento temporal de material, se trata de elementos verticales, de forma generalmente cilíndrica de gran altura con respecto a su diámetro.

El silo contará con una puerta de inspección situada en el techo y otra en la parte baja para comprobar el correcto funcionamiento y realizar labores de mantenimiento. Para controlar el nivel de llenado del silo, se instalarán dos indicadores de nivel, uno de nivel máxima, y otro de “nivel máxima máxima”, que impide la parada inmediata del llenado del



silo. Además de estos dispositivos se incluirá un sensor de nivel continuo que permite tener un control continuo, en tiempo real, del nivel de producto almacenado en el interior del silo.

En función de las características estructurales y de almacenamiento, los productos almacenados pueden formar taludes, grumos o apelmazamientos, por lo que el fondo del silo se fluidifica inyectando aire a presión de modo que el material se comporte como una masa fluida, la gran ventaja obtenida de la fluidificación neumática es la aireación del material comprimido mediante la aportación de aire con el fin de ahuecarlo, disminuyendo su carga por rozamiento. La fluidificación se realiza por una serie de soplantes, que a través una red de tubería, fluidificará un cierto sector del silo a través de los aerodeslizadores abiertos que recorren el fondo de silo, y empuja el cemento en la cámara interior debajo del cono. Para evitar aumentos de la presión se dispone en la parte superior del silo un sistema de descompresión, este permite que penetre el aire para reemplazar el cemento que se descarga y que escape el proveniente de la fluidificación y de la alimentación neumática.

Sobre la base interna del silo existe un cono de hormigón que forma lo que se llama cámara de depresión, de esta forma se consigue que el cemento que se localice en el interior de esta no sufra las cargas del resto del material almacenado, la correcta regulación del caudal de fluidificación persigue que el cemento se introduzca dentro de esta cámara, ya que es aquí donde se localizan los sistemas de descarga.

La extracción del material se lleva a cabo gracias a sistemas neumáticos de descarga con aparatos para la regulación del caudal, una tajadera manual (para cortar el paso de material en caso de mantenimiento), una caja aireada, una compuerta neumática (para regulación del caudal) y una compuerta motorizada (para cierre rápido). La extracción se realiza siempre con fluidificación del material, esta se regula de acuerdo a la capacidad de descarga requerida. Desde aquí una serie de aerodeslizadores serán los encargados de transportar el material hasta los dispositivos de expedición de cemento.

En el interior del cono se encuentra una pequeña sala donde se puede acceder desde las plataformas metálicas mediante una escalera. En esta sala se ubica un filtro que desempolva los sistemas de descarga

2.3.5. CARGA A GRANEL.

El despacho de cemento a granel puede realizarse de diversas formas:

- Directamente desde los silos realizando un acceso de camiones bajo el silo. Desde

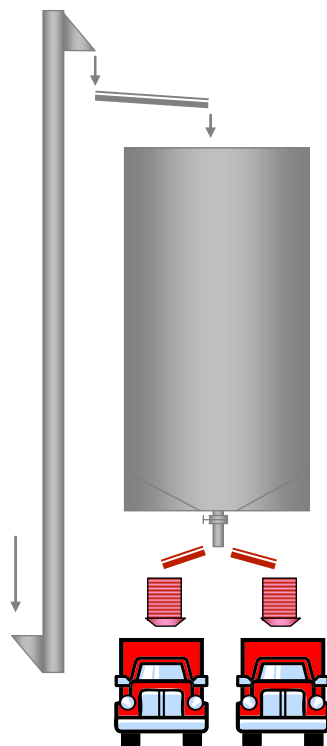


Figura 24.- Sistema de carga a granel

el sistema de extracción el cemento es transportado por medio de un aerodeslizador, asegurando la carga a los camiones por medio de sistemas de carga con manguera telescópica, esta será de tipo desplazable para ahorrar tiempo en las cargas evitando maniobras al camión, además la instalación de dos sistemas de descarga permite optimizar el despacho de cemento en la planta, ya que aunque no permite la carga simultanea de dos camiones, consigue evitar tiempos de espera y maniobra entre camiones ya que el segundo camión puede ubicarse bajo el silo y realizar el ajuste de los sistemas de carga mientras el primero se encuentra cargando y de esta forma comenzar a cargar de inmediato cuando el primero este lleno. Este sistema ha sido el elegido para la realización del presente proyecto ya que es más barato gracias al ahorro tanto en equipos como en espacio utilizado.

- Mediante tolvas de almacenamiento intermedio, desde los aerodeslizadores el cemento descarga en un elevador de cangilones de banda que alimenta a las tolvas de carga a granel. Estas tolvas debido a que suelen tener una capacidad considerable y al comportamiento pulverulento del material se fluidifican en el interior. La descarga se realiza por mangueras telescópicas.

En la actualidad la operación de carga se realiza de forma plenamente automática. La medida de la cantidad de producto descargado se mide con el peso bruto del vehículo puesto sobre una báscula-puente, a la entrada se realiza el peso del vehículo en vacío para realizar la calibración, comenzando entonces el llenado. Cuando se alcanza la cantidad prefijada se cierra el paso de material.

2.3.6. ENSACADO, PALETIZADO Y ENFARDADO.

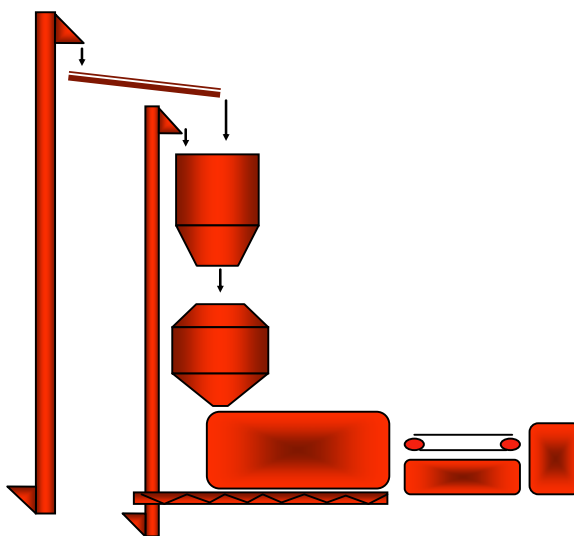


Figura 25.- Ensacado, paletizado y enfardado.

La expedición de cemento puede realizarse a granel en camiones cuba o bien en sacos, para ellos será necesaria la instalación de sistemas de ensacado y en su caso, paletizado y enfardado.

El material extraído de los silos puede ser conducido hasta la zona de carga a granel, o bien a la zona de ensacado/paletizado/enfardado. Existe un elevador de cangilones de banda que será el encargado de elevar el material y alimentar así el sistema. El cemento que alimenta la ensacadora pasa por un tamiz o criba que separa cualquier cuerpo extraño y aquellos terrones de diámetro tal que puedan suponer un perjuicio para la



máquina. Existe una tolva situada sobre la ensacadora gracias a esta es posible garantizar una alimentación continua. La ensacadora contará con un número de bocas que irá en función de la capacidad de ensacado de la misma. A lo largo de la instalación de ensacado existe un sistema de recuperación del material vertido durante la operación que transporta este hasta un elevador que lo devuelve al circuito. Tras el ensacado existe un sistema de paletización que agrupa mecánicamente los sacos en unidades de carga sobre palets, estos pasan después por una enfardadora que les proporciona una envoltura con un film que protegerá el producto de la humedad y otras agresiones externas.

Las cargas paletizadas se trasladan a un almacén intermedio de donde son sacadas por medio de carretillas elevadoras y cargadas en los vehículos para su expedición.

En el presente proyecto no se ha considerado la instalación de sistemas de ensacado.

2.3.7. SISTEMA DE DESEMPOLVADO.

Debido a que tanto el producto final como los intermedios son pulverulentos, es inevitable la producción de polvo durante los procesos de trituración y manipulación, por ello la instalación completa ha sido diseñada con un sistema de desempolvado adecuado, usando filtros de mangas donde exista una transferencia de material a diferentes niveles, ya que esta es la causa principal de la producción de polvo, de este modo se evita que partículas de polvo puedan ser expulsadas al exterior con los gases desalojados al final del proceso. De aquí en adelante estos sistemas se aparecerán incluidos dentro de la zona en la que se encuentren instalados.



2.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS.

En este apartado se describen las características básicas de los equipos que constituyen la instalación. El número del equipo se corresponde con los indicados en los esquemas de proceso de forma que se facilite su localización.

ZONA A.- ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.

A. 1.- Tolva de recepción de materias primas. Construida en hormigón.

Capacidad: 30 t.

A.2.- Compuerta de barras. Accionamiento manual.

Dimensiones: 2,6 x 1 m

A.3.- Cinta extractora, bajo tolva de recepción:

Material a extraer:	Clinker/caliza y yeso
Peso específico:	1,4/1,03/1,57 t/m ³
Granulometría:	0 a 50 mm
Humedad:	0 – 8,5%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	200 t/h
Ancho de banda:	1.200 mm
Longitud:	5 m
Inclinación:	0 °
Potencia instalada:	11 kW. Motor con variador de frecuencia.

A.4.- Cinta transportadora, de las siguientes características:

Material:	Clinker/caliza y yeso
Peso específico:	1,4/1,03/1,57 t/m ³



Granulometría:	0 a 50 mm
Humedad:	0 – 8,5%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	200 t/h
Ancho de banda:	650 mm
Longitud:	75 m
Inclinación:	15,6 °
Potencia instalada:	30 kW

A.5.- Polipasto de accionamiento manual de 2t de capacidad, para el mantenimiento de la cinta transportadora.



ZONA B.- TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS.

B.1.- Una cinta transportadora reversible, de las siguientes características:

Material:	Clinker/caliza y yeso
Peso específico:	1,4/1,03/1,57 t/m ³
Granulometría:	0 a 50 mm
Humedad:	0 – 8,5%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	200 t/h
Ancho de banda:	650 mm
Longitud:	5,23 m
Inclinación:	0 °
Potencia instalada:	3 kW.

B.2.- Una cinta transportadora reversible, de las siguientes características:

Material:	Clinker y yeso
Peso específico:	1,4/1,57 t/m ³
Granulometría:	0 a 50 mm
Humedad:	0 – 3%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	200 t/h
Ancho de banda:	650 mm
Longitud:	4,4 m



Inclinación: 0 °
Potencia instalada: 3 kW.

B.3.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT5		
Caudal Nominal:	3.600	m³/h
Caudal Máximo:	4.000	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	63	
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Fieltro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	44	m²
Ratio de filtrado:	1,36	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	7	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C

<u>Válvula rotativa de descarga</u>	
Capacidad máxima	8 m³/h
Velocidad de rotación:	22 r.p.m.
Potencia del motor	0,55 kW, 1.500 r.p.m.

<u>Ventilador centrífugo</u>	
Caudal de aire	4.000 m³/h
Presión estática a 20°C:	245 mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900 r.p.m.
Potencia del motor	5,5 kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo

Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
--	--	--

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>	
Presión del aire comprimido:	5,5 bar
Consumo aire comprimido:	7 Nm³/h



B.4.- Un indicador de nivel de máxima.

B.5.- Un indicador de nivel continuo de radar.

B.6.- Una tolva de hormigón para el almacenamiento de clinker, con las siguientes características:

Material:	Clinker
Capacidad:	144 t
Densidad:	1,4 t/m ³

B.7.- Una tajadera de barras de accionamiento manual tamaño 800

B.8.- Báscula dosificadora para clinker, marca Schenk, tipo MTD 1020 T60 o similar.

Material a dosificar:	Clinker
Peso específico:	1,4 t/m ³
Granulometría:	0 a 30 mm
Humedad:	0%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	8 a 80 t/h
Gama de regulación:	1: 10
Precisión:	± 0,5 % en todo su rango de caudal

Compuesta de un dosificador de banda de las siguientes características técnicas:

Ancho de banda:	1.000 mm
Tipo de banda:	Plana
Distancia entre ejes E/S:	2.000 mm
Características del motor:	0,75 kW 1.400 r.p.m. compacto, con regulación de la velocidad mediante variador y reductor de eje hueco.

- Controlador de desvío y deslizamiento de la banda.



- Estación de tensado y autocentrado por peso.
- Rascadores interior y exterior
- Posibilidad de cambio lateral
- Color de acabado, parte mecánica, RAL 5018 azul turquesa.
- Tolvín de alimentación, tipo T20, construido en chapa de 5 mm y brida de 8 mm, provisto de chapas de desgaste.
- Caperuza de descarga (discharge hood), con toma para captación de polvo

B.9.- Un indicador de nivel de máxima.

B.10.- Un indicador de nivel continuo de rada.

B.11.- Una tolva de hormigón para el almacenamiento de yeso, con las siguientes características:

Material:	Yeso
Capacidad:	45 t
Densidad:	1,57 t/m ³

B.12.- Una tajadera de barras de accionamiento manual tamaño 600

B.13.- Báscula dosificadora para yeso, marca Shenck modelo MTD 08020 T60 o similar.

Material a dosificar:	Yeso
Peso específico:	1,57 t/m ³
Granulometría:	0 a 50 mm.
Humedad:	1,5 – 5,5%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Media
Caudal nominal:	0,6 a 6 t/h
Gama de regulación:	1: 10



Precisión: $\pm 0,5 \%$ en todo su rango de caudal

Compuesta de un dosificador de banda de las siguientes características técnicas:

Ancho de banda:	800 mm
Tipo de banda:	Plana
Distancia entre ejes E/S:	2.000 mm
Características del motor:	0,75 kW 1.400 r.p.m. compacto, con regulación de la velocidad mediante variador y reductor de eje hueco.

- Controlador de desvío y deslizamiento de la banda.
- Estación de tensado y autocentrado por peso.
- Rascadores interior y exterior
- Posibilidad de cambio lateral
- Color de acabado, parte mecánica, RAL 5018 azul turquesa.
- Tolvín de alimentación, tipo T20, construido en chapa de 5 mm y brida de 8 mm, provisto de chapas de desgaste.
- Caperuza de descarga (discharge hood), con toma para captación de polvo

B.14.- Un indicador de nivel de máxima.

B.15.- Un indicador de nivel continuo de radar.

B.16.- Una tolva de hormigón para el almacenamiento de caliza, con las siguientes características:

Material:	Caliza
Capacidad:	56 t
Densidad:	1,03 t/m ³

B.17.- Una tajadera de barras de accionamiento manual tamaño 600

B.18.- Báscula dosificadora para caliza, marca Schenck tipo MTD 1020 T60 o similar.



Material a dosificar:	Caliza
Peso específico:	1,03 t/m ³
Granulometría:	0 a 50 mm.
Humedad:	4,5 - 14 %
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Media
Caudal nominal:	4- 40 t/h
Gama de regulación:	1: 10
Precisión:	± 0,5 % en todo su rango de caudal
Compuesta de un dosificador de banda de las siguientes características técnicas:	
Ancho de banda:	1000 mm
Tipo de cinta:	Plana
Distancia entre ejes E/S:	2.000 mm
Características del motor:	1,5 kW c. a. 220/380 V / 1.400 r.p.m. compacto, con regulación de la velocidad mediante variador y reductor de eje hueco.

- Controlador de desvío y deslizamiento de la banda.
- Estación de tensado y autocentrado por peso.
- Rascadores interior y exterior
- Posibilidad de cambio lateral
- Color de acabado, parte mecánica, RAL 5018 azul turquesa.
- Tolvín de alimentación, tipo T20, construido en chapa de 5 mm y brida de 8 mm, provisto de chapas de desgaste.
- Caperuza de descarga (discharge hood), con toma para captación de polvo

B.19.- Sistema de regulación y control de dosificadoras y caudalímetro.



Los componentes de regulación y control, se suministrarán montados en armario eléctrico, marca Himel, de dimensiones 2x2.000x600x600 mm, con zócalo de 100 mm

Se suministrará montado con los controles electrónicos correspondientes.

Los siguientes elementos de control y potencia se montarán de acuerdo a los estándar EN 60204

3 DISOCONT-VSE 20100.

- Unidad de sistema, con programa VDB, para la regulación y control de la dosificadora
- Carcasa VEG20100
- Memory-card VSM20102
- Módulo de comunicación VPB 20100 para la comunicación entre el modulo profibus y con el DCS.

1 DISOCONT-VSE 20100

- Unidad de sistema, con programa VDD 20100, para la regulación y control del caudalímetro
- Carcasa VEG20100
- Memory-card VSM20100
- Módulo de comunicación VPB 20100 para la comunicación entre el modulo profibus y con el DCS.

1 VLB 20100 – CONSOLA PARA CONFIGURACIÓN Y SERVICIO

- Consola de servicio para configuración/parametrización individual de los equipos de dosificación.
- En carcasa para montaje en armario
- Display LCD de 100x75 mm
- Altura de caracteres 3,5 ó 9 mm
- teclado de membrana
- Conmutador de 6 posiciones

1 Convertidor de frecuencia, marca Danfos, tipo VLT5001, 0,75 kW.

1 Convertidor de frecuencia, marca Danfos, tipo VLT5002, 1,1 kW.



1 Aparamenta eléctrica de corte y protección.

PARA INSTALACIÓN EN CAMPO:

3 DISOCONT- VLG 20100

- Unidad de mando local, para accionamiento local/mantenimiento de la dosificadora. En carcasa para montaje en campo.

B.20.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT5		
Caudal Nominal:	4.500	m³/h
Caudal Máximo:	5.000	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	63	
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Filtro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	44	m²
Ratio de filtrado:	1,70	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	7	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C
<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m³/h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.
Potencia del motor	0,55	kW, 1.500 r.p.m.
<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	5.000	m³/h
Presión estática a 20°C:	230	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	5,5	kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	
Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		



Alimentación al grupo de filtración:		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	7	Nm³/h

B.21.- Una cinta transportadora, de las siguientes características:

Material:	Clinker y yeso
Peso específico:	1,4/1,03/1,57 t/m³
Granulometría:	0 a 50 mm
Humedad:	0 – 8,5%
Temperatura ambiente:	0 a 40 °C
Temperatura del material:	Ambiente
Tipo de alimentación:	Gravedad
Fluidez del material:	Buena
Caudal nominal:	200 t/h
Ancho de banda:	650 mm
Longitud:	78,9 m
Inclinación:	9 °
Potencia instalada:	30 kW.



ZONA C.- MOLIENDA DE CEMENTO.

C.1.- Un generador de gases calientes, para el secado de las materias primas a la entrada del molino.

Condiciones de diseño:

- Potencia 4,176 Gcal/h
- Caudal de aire: 54.000 m³N/h
- Temperatura del gas 350 °C (máx.)
- Temperatura ambiente 20°C

Combustible:

- Tipo: Gas-oil
- Consumo máximo de G.O: 426 Kg/h
- PCI: 9.800 Kcal/Kg

Depósito:

- Capacidad: 80 m³
- Tipo: Doble pared
-

UN GENERADOR DE GASES CALIENTES, Formado por un conjunto de virola y refractario, constituido de:

-Una virola simple exterior en chapa de acero formando el hogar propiamente dicho y cuerpo del generador. Esta virola reposa sobre un conjunto de soportes, uno fijo y el otro libre, permitiendo el deslizamiento sobre pletina de acero debido a la dilatación y a prever sobre la cara superior de los macizos de anclaje.

-Un conjunto de anillos de forma especial, en ladrillo refractario calidad 43% Al₂O₃, formando el hogar propiamente dicho y el frente de hogar con embocadura preparada para el quemador.

-Una placa de fachada anterior, armadura sobre la cual va acoplado el equipo de combustión, así como la entrada de aire de dilución primario. Por la cara interna de



esta placa se acopla la embocadura para el quemador, viniendo recubierta por ladrillo refractario, formando la garganta del quemador y constituyendo el frontal de aislamiento refractario de la cámara propiamente dicha.

-Para la absorción de las dilataciones se incluye un prensa-estopa de unión de la salida de la cámara hacia la salida de gases.

UN EQUIPO DE COMBUSTIÓN

De alta flexibilidad y repulverización mecánica, de gran variación de consumo, garantizando su simple manejo, un perfecto comportamiento mecánico en funcionamiento continuo. El equipo comprende:

-Un cárter de distribución de aire equipado con una virola de equilibrado, asegurando la alimentación homogénea en la cabeza de combustión.

-Un inyector cilíndrico, formando la directriz de aire, que atraviesa la fachada del equipo y termina en la pared del hogar. Este inyector está equipado con una brida para su fijación a la fachada del hogar.

Esta envoltura se prepara para auto-portar los órganos externos e internos del quemador, los cuales se describen a continuación:

-Una cabeza de combustión con estabilizador de llama (roseta), que apoya sobre el jacket-tube.

-Una caña de quemador, para atomización del combustible líquido, con equipo de pulverización formado por: atomizador, pastilla y multibús.

UN EQUIPO DE ENCENDIDO GAS -ELÉCTRICO

Para realizar el encendido del combustible previamente preparado; la antorcha de encendido está acoplada en la placa de fachada del quemador, por medio de una rótula, permitiendo ésta rótulas u orientación y asegurando el encendido.

Por medio del pulsador de encendido, situado en el cuadro eléctrico, se abre el paso de gas a la antorcha, produciéndose simultáneamente una chispa eléctrica que inflamará la mezcla gas-aire. La duración de cada encendido es de unos cuantos segundos, mandada por el temporizador colocado en el cuadro eléctrico.

La temporización del encendido va en secuencia según la normativa española. Este equipo de encendido, comprende:

-Una antorcha, marca PILLARD, con electrodo central de encendido perfectamente



aislado mediante piezas aislantes de alto valor dieléctrico.

–Una rótula para acoplamiento de la antorcha.

–Un filtro para gas, con su elemento filtrante en inoxidable.

–Un bloque de válvulas de seguridad y estabilización, comprendiendo:

- ° Una válvula electromagnética de dos vías de corte de gas.
- ° Una válvula electromagnética de tres vías de corte y puesta a la atmósfera.
- ° Un regulador-estabilizador de la presión de encendido de gas.

–Una manguera de baja presión, con sus racores de acoplamiento, llevando el gas desde la salida de válvulas.

–Un transformador de encendido 10.000V, acoplado en el frente del quemador.

–Dos metros de cable de alta, conexión entre el transformador y la antorcha.

UN EQUIPO DE AIRE DE Combustión, comprendiendo:

–Un moto-ventilador de aire de combustión, equilibrado estática y dinámicamente, de alto rendimiento y capaz de suministrar el aire necesario en marcha máxima prevista.

–Un conducto flexible embridado, uniendo el ventilador y el quemador, teniendo una longitud máxima de 1,5 m.

UN EQUIPO DE DILUCIÓN PRIMARIO, comprendiendo:

–Un cajón en chapa de acero acoplado al frente de la cámara, albergando en su interior el quemador GRX descrito.

–El cajón de dilución primario tiene la función de refrigerar el refractario así como la virola metálica de la cámara. Además diluye los gases calientes, en una primera fase, a la

Temperatura prefijada.

–Un moto-ventilador de aire de dilución, equilibrado estática y dinámicamente, de alto rendimiento.

–Un conducto de unión entre el ventilador de dilución primario y la cámara, teniendo



una longitud de 1,5 m máximo.

-Un oído-dámper para regulación manual, acoplado a la aspiración del ventilador de dilución.

UN EQUIPO DE DILUCIÓN SECUNDARIO, comprendiendo:

-Un cajón, en chapa de acero, acoplado al final de la cámara. Este cajón tiene la función de diluir los gases de salida de cámara a la temperatura final de proceso.

-Un moto-ventilador de aire de dilución, equilibrado estática y dinámicamente, de alto rendimiento.

-Un conducto de unión entre el ventilador de dilución secundario y la cámara, teniendo una longitud de 1,5 m máximo.

UN EQUIPO DE REGULACIÓN DE POTENCIA DEL GENERADOR.

Dimensionado en función de la señal de temperatura de salida de los gases y de las siguientes características:

-Parámetros	Temperatura/Regulación de GO /Aire
-Tipo de regulación	Neumática(GO /Aire Combustión)
-Fluido motor	Aire comprimido
-Presión de aire del motor	6 ÷ 7
-Rango	1 ÷ 4

Compuesto por:

Sobre la línea de combustible y aire de combustión:

-Un termopar con vaina de protección.

-Un equipo controlador electrónico con sistema de mando automático /manual, señal de salida de 4-20mA, 220V 50Hz.

-Una válvula de regulación de combustible, con posicionador electro-neumático incorporado, señal de entrada 4-20 mA, equipada con dos finales de carrera para maniobra de barrido del hogar y encendido del quemador en mínimo.

-Un oído de regulación de aire de combustión, tipo PILLARD, actuando sobre el



aire de combustión y montado en la aspiración de ventilador.

-Un cilindro neumático con electroposicionador, actuando sobre el oído de regulación del aire de combustión, señal de entrada de 4-20mA.

-Un filtro manorreductor para aire provisto de manómetro, para alimentación del aire a la válvula de regulación y cilindro neumático.

Sobre el aire de dilución secundario:

-Un oído-dámper, para regulación automática, acoplado a la aspiración del ventilador.

UN PÓRTICO DE MANEJO E INDICACIÓN, comprendiendo:

Sobre circuito de GO:

-Una válvula de aislamiento en llegada de GO.

-Dos manómetros con llave de aislamiento sobre impulsión y regulación. -Un termómetro de esfera con funda.

-Un filtro pastilla, para circulación en rampa.

-Dos válvulas rectas aislando el filtro de pastilla.

-Una válvula aislando retorno en rampa de fachada.

-Una manguera metálico-flexible con juego de enlaces rápidos.

-Una brida y contrabrida en cada punto límite.

UN EQUIPO DE SEGURIDADES, comprendiendo:

En control de seguridad de llama:

-Una célula detectando rayos ultravioleta para vigilancia de llama, para acoplarla a una de las mirillas del quemador.

-Un soporte con rótula para orientación de la célula.

-Un coffret de célula ,amplificador de los impulsos



recibidos del detector.

En regulación de proceso:

- Una caña pirométrica a colocaren la vena a ser posible protegida de la radiación del hogar.
- Un indicador con amplificador electrónico y contacto de límite superior de la temperatura. Este controlador provocará la parada del quemador en caso de sobrepasarse la temperatura de consigna.
- 12 m de cable compensado uniendo la caña pirométrica con el indicador.

En seguridad de refractario:

- Una caña pirométrica a colocar sobre el refractario de cámara, a ser posible, protegida de la radiación del hogar.
- Un indicador con amplificador electrónico y contacto de límite superior de la temperatura. Este controlador provocará la parada del quemador en caso de sobrepasarse la temperatura de seguridad del refractario.
- 12 m de cable compensado uniendo la caña pirométrica con el indicador.

En seguridad de combustible y comburente:

- Un presostato falta de presión de combustible con su correspondiente llave de aislamiento.
- Un presostato falta de presión de aire de combustión colocados obre el cajón de aire por medio de un tubo en U.
- Un termostato falta de temperatura de combustible colocado sobre la llegada general.
- Tres válvulas electromagnéticas para corte y recirculación del combustible (GO)

UN GRUPO DE PREPARACIÓN DE GO



Compuesto por:

- Una válvula de bola, aislamiento general del grupo.
 - Un filtro simple
 - Una motobomba, diseñada para elevar en presión el GO.
- El motor eléctrico de 2,2 kW a 1450rpm será de forma B3-IP55.
- Un manómetro de esfera 100 con grifo de aislamiento.
 - Una bancada general auto-portando los elementos descritos.
 - Tubuladuras, codos, contrabridas y accesorios de conexión.

UN EQUIPO ELÉCTRICO DEMANDO Y MANIOBRA

Que incluye el PLC o autómata, armario eléctrico, relés, etc., para cubrir los sistemas lógicos

El sistema de control de combustión incluye:

- ° El Control Lógico.
- ° Detector de llama.
- ° Válvulas de corte y seguridades automáticas de GO.
- ° Presostatos, finales de carrera, etc.

C.2.- Un conjunto de conductos para el generador de gases, incluyendo chimenea, soportes, etc.,

C.3.- Un registro de aire fresco.

C.4.- Una válvula motorizada para el control de los gases del generador.

C.5.- Una válvula motorizada para el control de los gases a la entrada al molino.

C.6.- Un molino de bolas de dos cámaras y una cámara de secado en proyección, de las siguientes características:

Diámetro: 4,2 m



Longitud:	13,75 m
Producción:	90 t/h de cemento tipo CEM II
Finura:	3.800 Blaine
Sistema de transmisión:	Corona y piñón
Velocidad:	15,5 r.p.m (74% de la velocidad crítica)
Motor y arrancador:	3.600 kW, 1.000 r.p.m., 50 Hz, IP54
Grado de llenado 1º y 2º cámara:	30%

Dimensiones cámara presecado:

Diámetro:	3,2 m
Longitud:	4m

Incluyendo motor y accionamiento auxiliar para el mantenimiento del molino y sistema de lubricación.

Características técnicas:

- **Virola del molino** fabricada en chapa soldada de 50 mm, equipada con bridas y 3 puertas de visita.

El espesor de la virola en las zonas de los patines se reforzarán hasta 85 mm.

A lo largo de la virola se preverán los correspondientes taladros para el atornillado del blindaje.

- **Cámara de presecado** fabricada en chapa soldada de 50 mm en proyección a la entrada del molino
- **2 Testeros**, de entrada y salida, fabricados en acero S275J0 EN 10025, para ser acoplados a la virola.
- El molino estará soportado por dos estaciones soporte equipadas con **rodamientos de patines**

Los patines deberán tener revestimiento de metal blanco antifricción y un sistema de regulación y alineación.

Para la componente axial se instalarán cojinetes de empuje deslizantes.



Los rodamientos de patines se ubicarán en dos soportes anclados a las fundaciones y protegidos por una carcasa con puerta de inspección.

Se contará con bombas de alta/baja presión completas con todos los accesorios necesarios para un buen funcionamiento del molino y protección del metal antifricción.

- **Unidad para el giro del molino**, compuesta por:

- **Corona dentada** en dos mitades, en ejecución soldada el centro en acero S275JR y el anillo corona en 35 Cr Mo 4, de acuerdo con la última tecnología.

La corona tiene dentado recto con módulo 30 y dureza HB 250.

- **El piñón** es de acero templado 30 Ni Cr Mo 8, con dentado recto, modulo 30 y dureza HB290
- **El eje** fabricado en acero 42 Cr Mo 4 con soportes con cojinetes de rodillos.
- Un cárter de protección acero S275R montado en la unidad de giro, con puertas de inspección y mantenimiento, y con dispositivo de lubricación para el piñón y la corona.

- **Accionamiento del molino**, formado por:

- Reductor de velocidad de ejes paralelos.
- Acoplamiento de baja velocidad.
- Acoplamiento de alta velocidad.
- Motor 3.600 kW 1.000 r.p.m. / 6,3 kV / 50 Hz / IM1001 /protección IP55 / refrigeración IC611 . Aislamiento clase F, 6 sondas de temperatura PT100 en el bobinado del estor, 2 sondas de temperatura PT100 en los cojinetes. Rodamientos antifricción.
- Arrancador para motor, compuesto por: 1 reostato automático de electrodo móvil, 1 armario de control para el accionamiento de electrodos, 2 detectores de final de carrera, 1 contactor de cortocircuitaje, 1 motorreductor, 1 magnetotérmico de protección, 1 relé magnético de control de nivel, 1 termostato con display, bornes de protección, cableado, 1.000 l de electrolito y 30 kg de sales electrolíticas.



- Batería de condensadores, compuesta por: condensador, para compensación de cos. Phi a 0,95, y reactancias limitadoras de corriente de conexión.
- Accionamiento auxiliar de 22 kW para giro lento del molino, con reductor, acoplamientos y freno.
- **Dispositivo de entrada** al molino en acero soldado S275JR, con sillín soporte.
- **Dispositivo de salida** del molino en acero soldado S275JR.
- **Placas de anclaje**, incluidas vigas de acero, para soportes y accionamiento, en ejecución soldada.
- **Blindaje del fondo de entrada MAGOTTEAUX o similar**, en material de fundición resistente al desgaste FMU-11, con tornillería de amarre.
- **Blindaje cámara de presecado**, en material de fundición resistente al desgaste.
- **Blindaje levantador de la 1ª cámara de 3,8 m**, en material de fundición resistente al desgaste FMU-11, con tornillería de amarre y caucho especial para asiento de placas.
- **Tabique intermedio de paso variable**, con álabes ajustables. Por medio de un control de material dentro del tabique, regula el nivel del material de la 1ª cámara y de esta manera permite una optimización del rendimiento de la molienda, una utilización óptima de la carga y un desgaste mínimo de los equipamientos (bolas, blindajes, rejillas,...).
- **Blindaje clasificador para la 2ª cámara de 8,8 m**, en material de fundición resistente al desgaste FMU-12, con tornillería de amarre y caucho especial para asiento de placas.
- **Tabique de salida**.
- **Escucha electrónica** para el control del llenado del molino
- **Carga de bolas con un grado de llenado del 30% para la 1ª cámara**, de Ø 90/60 mm en calidad MAXICROM al 17 % de Cr.
- **Carga de bolas con un grado de llenado del 30% para la 2ª cámara**, de Ø 50/17 mm en calidad HARDALLOY al 12 % de Cr.



- **Una escucha electrónica.** completa con micrófono y amplificador para control del nivel de llenado del molino

C.7.- Polipasto manual, para el mantenimiento del molino.

C.8.- Puente grúa motorizado de 16t, para el mantenimiento del accionamiento del molino.

C.9.- Una clapeta pendular para el control del producto en la salida del molino.

C.10.- Un filtro de mangas de proceso, de las siguientes características:

Máxima pérdida de carga	400	mm c. a.
Presión estática a la entrada del filtro	250	mm c. a.
Caudal a la entrada del filtro	60.000	Nm ³ /h
Temperatura a la entrada	60-80	°C
Modelo	DPM 24x10/4.5	
Filas de mangas	48	
Número de mangas	480	
Dimensiones mangas	ø 150 x 4500	Mm
Superficie filtrante	1.017	m ²
Ratio aire/tela	0,98	m ³ /m ² *min
Altura Plenum	1.000	Mm
Número de válvulas neumáticas	48	
Número de válvulas de solenoide	30	
Consumo de aire comprimido por ciclo	5	Nm ³ /ciclo
Ciclos por hora	10	Ciclos/h
Consumo total de aire comprimido	50	Nm ³ /h
Tipo de mangas	D550 SA	
Composición	Acrílica	
Peso	550	g/m ²
Tratamiento	CS17	
Temperatura máxima en operación	130 (140 pico)	°C
Presión aire comprimido	5,5	bar
Longitud filtro	5.500	mm
Ancho filtro	5.100	mm
Datos operación		
Perdida presión mangas	61	mm c. a.
Perdida de carga entre francos	83	mm c. a.
Recogida de polvo		



Contenido a la entrada	573,0	g/Am ³
Contenido a la salida	7,8	mg/Am ³
Contenido a la salida	10	mg/Nm ³
Polvo recogido	124.700	kg/h

La superficie de filtrado debe ser diseñada para alcanzar un ratio aire/tela igual o menor a 1, en este caso se ha considerado 0,98 m/min (en condiciones normales)

El filtro estará fabricado en chapas de acero de 4 mm de espesor. La unión de las planchas se realizará doble soldadura.

Se instalará un penthouse en lo alto del filtro. Se instalarán tres polipastos integrados en la estructura para mantenimiento, 2 manuales para las operaciones de mantenimiento y 1 eléctrico para elevar los elementos.

Instrumentación: un detector de ΔP (4-20 mA), detector de giro de la válvula rotativa, detector de giro del visifin, 2 indicadores de baja presión de aire comprimido, 1 indicadores de nivel de tolva, 3 sondas de temperatura PT100.

Un panel de control de limpieza.

Sistema de transporte de cemento compuesto por:

1 visifin Ø600 x 3.400 mm con descarga en el centro, diámetro del eje Ø323,9, motor 5,5 kW

1 válvula rotativa DCM16, 380 x 380 mm, 1.5 kW,

Aislamiento térmico doble capa de lana de roca, espesor 50 mm por capa, con revestimiento de acero galvanizado de 0,8 mm.

C. 11.- Un ventilador para el filtro de mangas, de las siguientes características:

Caudal de entrada	60.000 m ³ /h
Temperatura de entrada	60-80.0 °C
Presión de entrada	-400.0 mm c.a.
Presión a la salida	0.0 mm c.a.



Densidad de referencia	1.293 kg/m ³
Temperatura de referencia	0 °C
Presión barométrica de referencia	10,328.7 mmH ₂ O
Densidad a la entrada	0.954 kg/m ³
Presión de cálculo	439,5 mmH ₂ O
Presión absorbida a la temperatura de trabajo	87 kW
Potencia instalada	122 kW
Rendimiento del ventilador	81,2%
Rendimiento estático del ventilador	78%
Velocidad de rotación calculada	1.378 r.p.m./min
Tolerancia en caudal	0%
Tolerancia en presión	0%
Tolerancia en potencia	+ 5%
Tolerancia en eficiencia	- 5%

Ventilador de simple oído de aspiración, para montaje en voladizo y compuesto de:

Rotor completo (rueda, eje y moyú), equilibrado estática y dinámicamente.

Acoplamiento semielástico motor-ventilador, con cárter de protección.

Cojinetes de grasa tipo SKF o similar.

Carcasa partida con puerta de visita y purga de voluta.

Oído de aspiración.

Taburete soporte de cojinetes-motor.



Chásis común motor-ventilador para plots.

Plots antivibratorios.

2 sondas de temperatura PT100.

Turbina de refrigeración cojinete lado rodete, con cárter de protección.

Compensadores de dilatación en aspiración e impulsión, con bridas.

Acabado interior estándar (cepillado + imprimación antioxidante)

Acabado exterior mediante Chorreado SA 2 ½ y 50 micras de imprimación antioxidante.

Aislamiento acústico de carcasa.

Motor ABB o similar 122 kW 1,500 r.p.m. / 380 V / 50 Hz / IP55 / B3 / clase F, con sondas PT100.

Convertidor de frecuencia de ABB o similar.

C.12.- Un aerodeslizador cerrado, en dos tramos, con 9º de inclinación situado a la salida del molino de las siguientes características:

Tamaño:	T - 500
Longitud:	4 m
Caudal Nominal:	258 t/h
Caudal de diseño:	645 t/h
Motoventilador:	0,55 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

C.13.- Un elevador de cangilones tipo banda, que recoge el producto del molino para su transporte al separador, de las siguientes características:



Producto:	Cemento
Densidad:	1 t/m ³
Temperatura:	92 °C
Tipo de elevador:	800
Longitud entre ejes :	31,838m
Capacidad del cangilón:	28 dm ³
Ancho de banda:	850 mm
Capacidad nominal:	258 t/h
Capacidad diseño:	300 t/h
Grado de llenado a caudal nominal:	59,83 %
Potencia de accionamiento:	75 kW
Potencia absorbida:	61,14 kW
Velocidad:	1,54 m/s
Variador:	Incluido
Espesor del cangilón:	4 mm
Espesor cajas intermedias:	4 mm
Tipo de banda:	DELTAHETE
Espesor de recubrimiento:	5 + 5 mm
Calidad:	DELTAHETE
Máxima temperatura garantizada:	135 °C
Acoplamiento de alta velocidad:	Elástico
Reductor:	Tandem ejes perpendiculares

C.14.- Un polipasto de accionamiento manual de 2t, para el mantenimiento del elevador de cangilones.

C.15.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT3		
Caudal Nominal:	3.000	m ³ /h
Caudal Máximo:	3.000	m ³ /h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	36	
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Fieltro 500 gr/m ² :	Polipropileno	



Superficie de filtrado:	30	m ²
Ratio de filtrado:	1,67	m ³ /min*m ²
Nº electroválvulas:	7	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m ³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm ³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C
<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m ³ /h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.
Potencia del motor	0,37	kW, 1.500 r.p.m.
<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	3.000	m ³ /h
Presión estática a 20°C:	196	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	3	kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	
<u>Temporizador de mando de electroválvulas: incluido</u>		
<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	7	Nm ³ /h

Una estructura metálica para el soporte del filtro y barandillas en lo alto del filtro..

Conducto de conexión entre filtro y ventilador.

C.16.- Un aerodeslizador cerrado, con 9° de inclinación situado en la descarga del elevador para transportar el cemento desde el elevador hasta el separador en tres partes, con las siguientes características:

Tamaño:	T – 500 /T-300
Longitud:	9,3 / 2 x 1,2 m
Caudal Nominal:	258 t/h



Caudal de diseño:	300 t/h
Motoventilador:	2,2 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

C.17.- Un separador Sturtevant tipo SD-110, de las siguientes características:

Características generales:

Alimentación:	Rango:	95 - 319 t/h
Producción de finos:	Rango:	90 - 219 t/h
Caudal de aire:	Típica:	182.000 m ³ /h
	Rango:	182.000-210.000 m ³ /h
Velocidad del rotor:	Típica:	200 r.p.m.
	Rango:	100 - 250 r.p.m.
Motor accionamiento:	Potencia instalada:	110 kW
	Potencia absorbida:	82,5 kW
Número de barras:	Fijas:	12
	Móviles:	120
Peso neto:	Sin motor:	35000 kg
Carga total estática:	Separador lleno:	75.000 kg

Caudal de aire recomendado para el separador SD-90:

El caudal de aire recomendado para una producción de 129 t/h de cemento con una finura de 3.000 Blaine es de 178.589m³/h a 67°C.

Pérdida de carga del separador SD-90:

La pérdida de carga del separador SD - 110, medida entre la brida de entrada y la salida del mismo, será inferior a 200 mm C.A. para un caudal de aire de 178.589 m³/h con una temperatura de 60 - 80 °C



Motor de accionamiento:

El motor de accionamiento será ABB o similar de 110 kW a 1.500 rpm /380V/ 50Hz/IP55/clase F/B3, con ventilación forzada y sondas PT100, de velocidad variable por medio de convertidor de frecuencia ABB o similar para la regulación de la velocidad del separador.

Datos técnicos:

- Cuerpo del separador compuesto de:

Voluta con una sola entrada de aire, completamente revestida en placas de basalto.

Cuerpo cilíndrico, con pies de apoyo, puerta de visita y salida tangencial de aire más material fino.

Cono de rechazo de gruesos, con doble clapeta pendular.

Cubierta superior, con los canales soporte para el mecanismo de accionamiento(motor, reductor y puerta de visita).

- Mecanismo completo con lubricación automática para el cojinete inferior del eje vertical, incluyendo un tanque de aceite de aproximadamente 2 l, con alarma de bajo nivel.
- Elementos interiores del separador:

Rotor de selección, compuesto de 12 barras fijas y 120 móviles (fácilmente intercambiables para el ajuste en la puesta en marcha), lo cual da un parámetro de ajuste adicional exclusivo, no disponible en ningún otro tipo de separador.

Anillo de cierre, situado entre el rotor de selección y la cámara de finos, para evitar la entrada de partículas gruesas en el flujo del gas de los finos.

Cámara de finos, con salida tangencial de aire+finos, completamente revestida de material de basalto.

Revestimiento antiabrasivo del separador Sturtevant, se compone de:

- Revestimiento en acero VAUTID en el plato de distribución.
- Revestimiento DENSIT en toda la cámara de finos, más el conducto tangencial de salida.



- Revestimiento en DENSIT en toda la voluta de entrada.
- Las barras de selección son mucho más resistentes a la abrasión que las paletas y no precisan ser revestidas.

C.18.-Un registro de aire ambiente, de accionamiento motorizado.

C.19.- Una válvula de regulación.

C.20.- Un aerodeslizador cerrado con 9° de inclinación en tres secciones, para el retorno de gruesos desde la salida del separador a la entrada del molino (pasando por el caudalímetro), de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud:	5,9 + 4,8 +5,6 m
Cauda Nominal:	129 t/h
Caudal Diseño:	150 t/h
Motoventilador:	3 x 4 Kw

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

C.21.-Un caudalímetro de impactos para los rechazos del separador, con un rango de entre 4-1.000 t/h, precisión ± 2 % del caudal nominal.

C.22.- Un filtro de mangas de proceso, de las siguientes características:

Máxima pérdida de carga	400	mm c. a.
Presión estática a la entrada del filtro	250	mm c. a.
Caudal a la entrada del filtro	182.000	Am ³ /h
Temperatura a la entrada	60-80	°C
Modelo	DPM 60x12/4.5	
Filas de mangas	120	



Número de mangas	1.440	
Dimensiones mangas	Ø 150 x 4500	Mm
Superficie filtrante	3.052	m ²
Ratio aire/tela	0,99	m ³ /m ² *min
Altura Plenum	1.200	Mm
Número de válvulas neumáticas	120	
Número de válvulas de solenoide	60	
Consumo de aire comprimido por ciclo	11	Nm ³ /ciclo
Ciclos por hora	10	Ciclos/h
Consumo total de aire comprimido	110	Nm ³ /h
Tipo de mangas	D550 SA	
Composición	Acrílica	
Peso	550	g/m ²
Tratamiento	CS17	
Temperatura máxima en operación	130 (140 pico)	°C
Presión aire comprimido	5,5	bar
Longitud filtro	13.100	mm
Ancho filtro	7.000	mm
Datos operación		
Perdida presión mangas	61	mm c. a.
Perdida de carga entre francos	83	mm c. a.
Recogida de polvo		
Contenido a la entrada	685,0	g/Am ³
Contenido a la salida	7,8	mg/Am ³
Contenido a la salida	10	mg/Nm ³
Polvo recogido	124.700	kg/h

La superficie de filtrado debe ser diseñada para alcanzar un ratio aire/tela igual o menor a 1, en este caso se ha considerado 0,99 m/min (en condiciones normales)

El filtro estará fabricado en chapas de acero de 4 mm de espesor. La unión de las planchas se realizará doble soldadura.

Se instalará un penthouse en lo alto del filtro. Se instalarán tres polipastos integrados en la estructura para mantenimiento, 2 manuales para las operaciones de mantenimiento y 1 eléctrico para elevar los elementos.



Instrumentación: un detector de ΔP (4-20 mA), detector de giro de la válvula rotativa, detector de giro del visinfin, 4 indicadores de baja presión de aire comprimido, 2 indicadores de nivel de tolva, 3 sondas de temperatura PT100.

Un panel de control de limpieza.

Sistema de transporte de cemento compuesto por:

1 visinfin $\varnothing 800 \times 10000$ mm con descarga en el centro, diámetro del eje $\varnothing 406,4$, motor 30 kW

1 válvula rotativa T800 S sin sellos laterales, motor 3 kW.

Aislamiento térmico doble capa de lana de roca, espesor 50 mm por capa, con revestimiento de acero galvanizado de 0,8 mm.

C. 23.- Un ventilador para el filtro de mangas, de las siguientes características:

Caudal de entrada	182,000 m ³ /h
Temperatura de entrada	60-80.0 °C
Presión de entrada	-400.0 mmH ₂ O
Presión a la salida	0.0 mmH ₂ O
Densidad de referencia	1.293 kg/m ³
Temperatura de referencia	0 °C
Presión barométrica de referencia	10,328.7 mmH ₂ O
Densidad a la entrada	0.937 kg/m ³
Presión de cálculo	398.9 mmH ₂ O
Presión absorbida a la temperatura de trabajo	243 kW
Potencia instalada	355 kW
Rendimiento del ventilador	80.7%



Rendimiento estático del ventilador	73.0%
Velocidad de rotación calculada	1,399 r.p.m./min
Tolerancia en caudal	0%
Tolerancia en presión	0%
Tolerancia en potencia	+ 2%
Tolerancia en eficiencia	- 2%

Ventilador de simple oído de aspiración, para montaje en voladizo y compuesto de:

Rotor completo (rueda, eje y moyú), equilibrado estática y dinámicamente.

Acoplamiento semielástico motor-ventilador, con cárter de protección.

Cojinetes de grasa tipo SKF o similar.

Carcasa partida con puerta de visita y purga de voluta.

Oído de aspiración.

Taburete soporte de cojinetes-motor.

Chásis común motor-ventilador para plots.

Plots antivibratorios.

2 sondas de temperatura PT100.

Turbina de refrigeración cojinete lado rodete, con cárter de protección.

Compensadores de dilatación en aspiración e impulsión, con bridas.

Acabado interior estándar (cepillado + imprimación antioxidante)

Acabado exterior mediante Chorreado SA 2 ½ y 50 micras de imprimación antioxidante.



Aislamiento acústico de carcasa.

Motor ABB o similar 355 kW 1,500 r.p.m. / 380 V / 50 Hz / IP55 / B3 / clase F, con sondas PT100.

Convertidor de frecuencia de ABB o similar.

C.24.- Un conjunto de conductos, para el circuito con dimensiones apropiadas para su función, incluyendo dos chimeneas, compensadores, soportes, etc.

C.25.- Un conjunto de caídas, resbaladeras, y todos los elementos necesarios para la conexión de los equipos.

C.26.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte de cemento hasta el silo, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud total:	15,3 m
Caudal Nominal:	129 t/h
Caudal de diseño:	150 t/h
Motoventilador:	1,5 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

C.27.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte de cemento hasta el silo, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud total:	14,6 m



Caudal Nominal: 129 t/h

Caudal de diseño: 150 t/h

Motoventilador: 1,5 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.



ZONA D.- SILO DE ALMACENAMIENTO.

D1.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT2		
Caudal Nominal:	2.172	m³/h
Caudal Máximo:	2.500	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:		
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Filtro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	25	m²
Ratio de filtrado:	1,45	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	6	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C

<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m³/h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.
Potencia del motor	kW, 1.500 r.p.m.	

<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	2.500	m³/h
Presión estática a 20°C:	215	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	3	kW 1.500 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	

Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
--	--	--

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	6	Nm³/h



D.2.- Un elevador de cangilones tipo banda, para transportar el material desde el aerodeslizador hasta el silo, con las siguientes características:

Producto	Cemento
Densidad:	1 t/m ³
Temperatura:	80 °C
Tipo de elevador:	500
Longitud entre ejes:	54,32 m
Capacidad del cangilón:	13,5 dm ³
Ancho de banda:	550 mm
Longitud entre cangilones:	360 mm
Capacidad nominal:	129 t/h
Capacidad de diseño:	150 t/h
Grado de llenado:	62,05 %
Potencia instalada:	75 kW
Potencia absorbida:	53,04 kW
Velocidad:	1,54 m/s
Variador:	Incluido
Espesor del cangilón:	4 mm
Tipo de banda:	680-FLWR 1250
Espesor recubrimiento:	4 + 4 mm
Calidad:	BETAHETE
Temperatura máxima:	100 °C
Acoplamiento alta velocidad:	Elastico
Gear-box:	Tandem perpendicular

D.3.- Un polipasto motorizado de 2 t para el mantenimiento del elevador.

D.4.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT1		
Caudal Nominal:	1.200	m ³ /h
Caudal Máximo:	1.500	m ³ /h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	36	



Dimensiones de las mangas:	Ø100x1.150 mm
Filtro 500 gr/m²:	Polipropileno
Superficie de filtrado:	13 m²
Ratio de filtrado:	1,54 m³/min*m²
Nº electroválvulas:	6
Pérdida de carga máxima:	100 daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30 g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10 mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90 °C

<u>Válvula rotativa de descarga</u>	
Capacidad máxima	8 m³/h
Velocidad de rotación:	22 r.p.m.
Potencia del motor	0,37 kW, 1.500 r.p.m.

<u>Ventilador centrífugo</u>	
Caudal de aire	1.500 m³/h
Presión estática a 20°C:	1860 mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900 r.p.m.
Potencia del motor	1,5 kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo

Temporizador de mando de electroválvulas:	incluido
---	----------

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>	
Presión del aire comprimido:	5,5 bar
Consumo aire comprimido:	6 Nm³/h

D.5.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte de cemento hasta el silo, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud total:	10 m
Caudal Nominal:	129 t/h
Caudal de diseño:	150 t/h
Motoventilador:	2 x 1,5 kW



El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

D.6.- Un filtro de mangas encastrable

Filtro de mangas QS1		
Caudal Nominal:	1.150	m³/h
Caudal Máximo:	1.500	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	36	
Dimensiones de las mangas:	Ø100x1.150 mm	
Filtro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	25	m²
Ratio de filtrado:	1	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	6	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C

<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	1.500	m³/h
Presión estática a 20°C:	210	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	1,5	kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	

Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
--	--	--

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	6	Nm³/h

D.7.- Una válvula de seguridad presión-depresión.

D.8.- Un indicador de nivel capacitivo de máxima



D.9.- Un indicador de nivel capacitivo de máxima (máxima máxima)

D.10.- Un indicador de nivel continuo tipo radar.

D.11.- Una puerta de inspección de 800x1.000 mm, instalada en el techo de los silos

D.12.- Un silo de hormigón para el almacenamiento de cemento, con las siguientes características:

Material: Cemento

Capacidad: 6000 t

Densidad: 1 t/m³

Dimensiones: Ø 14x40,4 m

Altura total: 51 m

350 m de aerodeslizadores abiertos, tipo T-200, con elementos de fijación para la fluidificación del silo.

D.13/D.14/D.15.- Tres soplantes rotativas de 9,5 m³/min a 600 mbar potencia 15 kW, cada una, para la fluidificación del fondo del silo, una para la fluidificación de la cámara de decompresión, otra para la fluidificación de de los sectores de anillo exterior y la tercera en reserva y conectada a los dos circuitos anteriores y que acturá solo en caso de fallo de alguna de las otras dos. Con cabinas de insonorización

D.16.- Un conjunto de tuberías, válvulas, piezas de hurgeo y otros accesorios, para la distribución del aire en el interior del silo y a los dos de extracción.

D.17.- Una puerta de inspección de 1.000 x 1.200 mm para el mantenimiento del fondo de silo.

D.18.- Una cámara de eliminación de presiones, en el fondo del silo

D.19.- Un filtro de mangas con tolva



Filtro de mangas QT3		
Caudal Nominal:	3.000	m³/h
Caudal Máximo:	3.000	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:	36	
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Fieltro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	30	m²
Ratio de filtrado:	1,67	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	7	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C

<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m³/h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.
Potencia del motor	0,37	kW, 1.500 r.p.m.

<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	3.000	m³/h
Presión estática a 20°C:	196	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	3	kW 3.000 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	

Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
--	--	--

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	7	Nm³/h

D.20.- Una compuerta de tajadera, de accionamiento manual y fondo fluidificado, para cierre de la salida de los silos en operaciones de mantenimiento, tamaño 400 mm.

D.21.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento neumático.



D.22.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento motorizado.

D.23.- Una compuerta de tajadera, de accionamiento manual y fondo fluidificado, para cierre de la salida de los silos en operaciones de mantenimiento, tamaño 400 mm.

D.24.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento neumático.

D.25.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento motorizado.

D.26.- Un bote de descarga, tamaño 500 mm.

D.27.- Una compuerta de tajadera, de accionamiento manual y fondo fluidificado, para cierre de la salida de los silos en operaciones de mantenimiento, tamaño 400 mm.

D.28.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento neumático.

D.29.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento motorizado.

D.30.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte de cemento hasta el dispositivo de carga a granel, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud total:	3 m
Caudal Nominal:	129 t/h
Caudal de diseño:	150 t/h
Motoventilador:	1,5 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

D.31.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT2		
Caudal Nominal:	1.550	m³/h
Caudal Máximo:	2.000	m³/h



Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:		
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Filtro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	25	m²
Ratio de filtrado:	1,33	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	6	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C

<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m³/h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.
Potencia del motor	kW, 1.500 r.p.m.	

<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	2.000	m³/h
Presión estática a 20°C:	233	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	3	kW 1.500 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	

Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
--	--	--

<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	6	Nm³/h

D.32.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte del producto recogido en el filtro, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 100
Longitud total:	9 m
Caudal Nominal:	0,3 t/h
Caudal de diseño:	1 t/h



Motoventilador: 1,5 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

D.33.- Un dispositivo de carga a granel para camiones cisterna desplazable 1m, compuesto por:

Manga de carga a granel con doble tejido diámetro 600/300 mm.

Longitud máxima: 2.000 mm.

Longitud mínima: 1.000 mm.

Incluyendo:

Conducto de alimentación con toma de desempolvado y cono de cierre automático.
Polipasto de elevación con cable y motorreductor de 1,3 kW.

Carro de desplazamiento de tolva con estructura soporte de acero.

Tolva con juntas de goma en las partes superiores para asegurar el correcto cerramiento con la cubierta. La cubierta se monta en la estructura soporte.

Polea de reenvío e indicador de llenado.

D.34.- Una báscula puente, bajo el dispositivo de carga a granel de camiones, de las siguientes características:

Longitud de la báscula: 16.000 mm

Ancho de la báscula: 3.000 mm

Rango de pesaje: 1 - 60 t

Divisiones: 20 kg

Número de divisiones: 3.000

Precisión clase III OIML: C3

Los soportes de las células contarán con elastómero metal-neopreno capaz de absorber las fuerzas laterales o sobrecargas axiales. Las células de carga serán en acero inoxidable



sellado con técnica laser, protección IP68 alcanzando una sensibilidad de 2,85 mV/V, error combinado $\pm 0,02\%$. As 6 células de carga de cada báscula se miden de forma digital, individualmente por medio del sistema Disobox. Para el diálogo con el conductor se contará con el sistema Disomat B plus.

La comunicación entre los diferentes elementos se realiza por medio de conexión Ethernet, protocolo TCP/IP.

La báscula incluye:

- 6 Células de carga tipo RTN 33t C3
- 6 Soportes para las células de carga.
- 6 Conjuntos de placas de anclaje
- 6 selladores
- 20 m de cable de conexión tipo LCC 705, 7 x 0,5 mm².

Automatización del sistema de pesaje de la báscula bajo el silo:

Compuesto por:

- 1 Control electrónico DISOMAT B plus VEG 20400, con tarjeta de comunicación Ethernet.
- 1 Pesaje electrónico, DISOBOX,
- 1 Impresora de ticket
- 1 Lector de tarjetas
- 2 Semáforos
- 1 Módulo ICP 7063
- 2 Fotocélulas
- 1 Conjunto de cables de conexión.

D.35.- Una compuerta de tajadera, de accionamiento manual y fondo fluidificado, para cierre de la salida de los silos en operaciones de mantenimiento, tamaño 400 mm.



D.36.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento neumático.

D.37.- Una compuerta de sector, tamaño 400 mm, de accionamiento motorizado.

D.38.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte de cemento hasta el dispositivo de carga a granel, de las siguientes características:

Tamaño:	T - 200
Longitud total:	3 m
Caudal Nominal:	129 t/h
Caudal de diseño:	150 t/h
Motoventilador:	1,1 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

D.39.- Un filtro de mangas con tolva

Filtro de mangas QT2		
Caudal Nominal:	1.550	m³/h
Caudal Máximo:	2.000	m³/h
Disposición de mangas:	Vertical	
Nº de mangas:		
Dimensiones de las mangas:	Ø100x2.250 mm	
Fieltro 500 gr/m²:	Polipropileno	
Superficie de filtrado:	25	m²
Ratio de filtrado:	1,33	m³/min*m²
Nº electroválvulas:	6	
Pérdida de carga máxima:	100	daPa
Contenido de polvo a la entrada (max.):	30	g/m³
Contenido de polvo a la salida (max.):	10	mg/Nm³
Temperatura máxima de trabajo en continuo:	90	°C
<u>Válvula rotativa de descarga</u>		
Capacidad máxima	8	m³/h
Velocidad de rotación:	22	r.p.m.



Potencia del motor	kW, 1.500 r.p.m.	
<u>Ventilador centrífugo</u>		
Caudal de aire	2.000	m³/h
Presión estática a 20°C:	233	mm c. a.
Velocidad de rotación:	2.900	r.p.m.
Potencia del motor	3	kW 1.500 r.p.m
Acoplamiento:	Directo	
Temporizador de mando de electroválvulas: incluido		
<u>Alimentación al grupo de filtración:</u>		
Presión del aire comprimido:	5,5	bar
Consumo aire comprimido:	6	Nm³/h

D.40.- Un aerodeslizador cerrado con 6° de inclinación, para el transporte del producto recogido en el filtro de las siguientes características:

Tamaño:	T - 100
Longitud total:	9 m
Caudal Nominal:	0,3 t/h
Caudal de diseño:	1 t/h
Motoventilador:	1,5 kW

El aerodeslizador estará fabricado en acero al carbono 3mm de espesor, con tela de poliéster de 6mm, incluyendo tuberías y los accesorios necesarios para la conexión entre el motoventilador y el aerodeslizador, botes de carga y descarga, placas perforadas en la zona de caída de material para proteger la tela, puertas de visita y soportes.

D.41.- Un dispositivo de carga a granel para camiones cisterna desplazable 1m, compuesto por:

Manga de carga a granel con doble tejido diámetro 600/300 mm.

Longitud máxima: 2.000 mm.

Longitud mínima: 1.000 mm.

Incluyendo:



Conducto de alimentación con toma de desempolvado y cono de cierre automático.
Polipasto de elevación con cable y motorreductor de 1,3 kW.

Polea de reenvío e indicador de llenado.

D.42.- Una báscula puente bajo el dispositivo de carga a granel de camiones, de las siguientes características:

Longitud de la báscula:	16.000 mm
Ancho de la báscula:	3.000 mm
Rango de pesaje:	1 - 60 t
Divisiones:	20 kg
Número de divisiones:	3.000
Precisión clase III OIML:	C3

Los soportes de las células contarán con elastómero metal-neopreno capaz de absorber las fuerzas laterales o sobrecargas axiales. Las células de carga serán en acero inoxidable sellado con técnica laser, protección IP68 alcanzando una sensibilidad de 2,85 mV/V, error combinado $\pm 0,02\%$. As 6 células de carga de cada báscula se miden de forma digital, individualmente por medio del sistema Disobox. Para el diálogo con el conductor se contará con el sistema Disomat B plus.

La comunicación entre los diferentes elementos se realiza por medio de conexión Ethernet, protocolo TCP/IP.

La báscula incluye:

- 6 Células de carga tipo RTN 33t C3
- 6 Soportes para las células de carga.
- 6 Conjuntos de placas de anclaje
- 6 selladores
- 20 m de cable de conexión tipo LCC 705, 7 x 0,5 mm².

Automatización del sistema de pesaje de la báscula bajo el silo:



Compuesto por:

- 1 Control electrónico DISOMAT B plus VEG 20400, con tarjeta de comunicación Ethernet.
- 1 Pesaje electrónico, DISOBOX,
- 1 Impresora de ticket
- 1 Lector de tarjetas
- 2 Semáforos
- 1 Módulo ICP 7063
- 2 Fotocélulas
- 1 Conjunto de cables de conexión.

D.43/D.44.- Dos básculas puente, para instalar a la entrada/salida de la instalación, cada una de ellas de las siguientes características:

Longitud de la báscula: 16.000 mm

Ancho de la báscula: 3.000 mm

Rango de pesaje: 1 - 60 t

Divisiones: 20 kg

Número de divisiones: 3.000

Precisión clase III OIML: C3

Los soportes de las células contarán con elastómero metal-neopreno capaz de absorber las fuerzas laterales o sobrecargas axiales. Las células de carga serán en acero inoxidable sellado con técnica láser, protección IP68 alcanzando una sensibilidad de 2,85 mV/V, error combinado $\pm 0,02\%$. As 6 células de carga de cada báscula se miden de forma digital, individualmente por medio del sistema Disobox.

La báscula incluye:

- 6 Células de carga tipo RTN 33t C3
- 6 Soportes para las células de carga.



6 Conjuntos de placas de anclaje

6 selladores

20 m de cable de conexión tipo LCC 705, 7 x 0,5 mm².

Automatización del sistema de pesaje de la báscula de entrada/salida:

Compuesto por:

1 Pesaje electrónico, DISOBX,

1 Impresora de ticket

1 Lector de tarjetas

1 Barrera con doble lazo inductivo

2 Fotocélulas



RED DE AIRE COMPRIMIDO

Compresor rotativo de tornillo lubricado Atlas Copco GA 45+ WORK 7.5 o similar.

Compresor de aire estacionario, de tornillos rotativos, con inyección de aceite, una etapa, refrigerado por aire, compacto, silenciado y accionado por motor eléctrico directamente embridado

Condiciones de Referencia:

Presión de Entrada bar(a)	1
Temperatura de aire de entrada °C	20
Humedad relativa del aire %	0
Presión nominal de trabajo bar(g)	7
Velocidad eje motor rpm	2965

Características Técnicas

Presión máxima de trabajo	bar(g)	7.5
Presión mínima de trabajo	bar(g)	4
Capacidad FAD (*) a presión nominal	l/s	142.7
Potencia motor	Kw	45
Nivel sonoro (**)	db(A)	66
Temperatura aire de descarga ambiente + °C	10	
Capacidad cárter de aceite	lt	23
Contenido aprox. de aceite en el aire comprimido	mg/m3	< 2
Conexión salida de aire	G	1 1/2"
Alimentación eléctrica	volts / Hz / fase	380 / 50 / 3
Largo	mm	2040
Ancho	mm	970
Alto	mm	1802
Peso	Kg	1030

(*) La capacidad expresada como "Aire Libre Suministrado" (FAD) en la descarga está medido de acuerdo a los standards ISO 1217 ,Edición 3, Anexo C-1996.

(**) Medido a 1 m de distancia a plena carga según Pneurop/Cagi PN8NTC2.2.

Tolerancia $\pm 2\text{dB(A)}$



Un depósito vertical galvanizado Atlas Copco LV 1500 o similar.

Descripción

Estará sometido a un proceso de galvanizado en caliente tanto exteriormente como interiormente (70 micras mínimo) que asegure que con el paso del tiempo los espesores de chapa se mantengan, por ser éste un sistema eficaz frente a la corrosión.

El deposito deberá estar diseñado y construido para cumplir con la directiva vigente sobre recipientes a presión, y será suministrado con su correspondiente certificado.

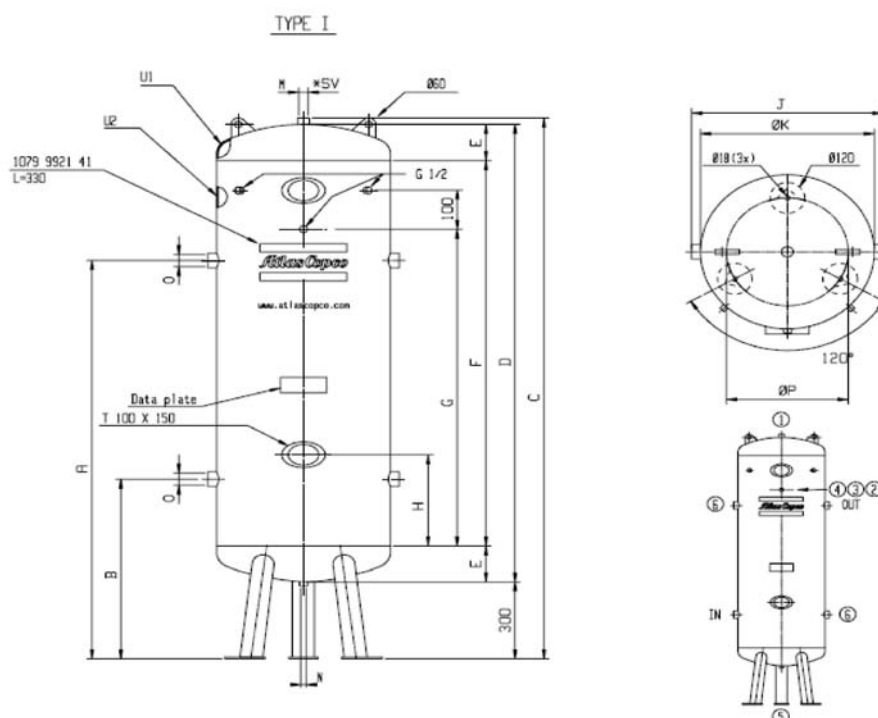
Este depósito, dispondrá de conexiones roscadas. con la finalidad de proteger al depósito frente a la entrada accidental de agua durante su almacenamiento, todos los orificios de entrada/salida estarán sellados mediante tapones extraíbles de plástico que deben ser retirados una vez instalados en su ubicación final. Las puntos de apoyo están provistos de orificios para facilitar el anclaje al suelo mediante pernos y unos cáncamos de elevación facilitan la manipulación de los depósitos.

Incluyendo:

- Válvula de seguridad.
- Manómetro de esfera.
- Boca hombre para registro.
- 2 Tapones.
- Válvula de bola para purga manual de condensados.
- Cáncamos de elevación para facilitar la manipulación.

Modelo	m ³	Bar	A	B	C	D	E	F	G	H
LV-1511	1,5	11	1700	800	2380	2060	290	1500	900	370
LV-1516	1,5	16	1700	800	2380	2060	280	1500	900	370

Modelo	J	K	M	N	O	P	T	U1	U2	Kg	SV
LV-1511	1060	1000	½"	½"	2"	930	2	5	6	366	½"
LV-1516	1060	1000	½"	½"	2"	930	2	6	6,7	445	½"



Un filtro roscado de alta eficacia.

DD 150

Condiciones de referencia:

Presión a la entrada	Bar (e)	7
Temperatura ambiente	°C	20
Temperatura aire comprimido de entrada	°C	20
Concentración de aceites antes del filtro	mg/m3	3

Características técnicas del equipo

Presión máxima del aire a la entrada	Bar (e)	16
Presión mínima del aire a la entrada	Bar (e)	1
Temperatura ambiente máxima	°C	66
Temperatura ambiente mínima	°C	1



Temperatura máxima del aire comprimido a la entrada	°C	66
Temperatura mínima del aire comprimido a la entrada	°C	1
Caudal nominal de entrada a 7 Bar (2)	l/s	150
Contenido máximo de aceite en el filtro	mg/m3	0.1

Secador frigorífico ATLAS COPCO FD 170 o similar.

La misión del secador será eliminar la humedad contenida en el aire comprimido que suministran los compresores mediante el enfriamiento del aire a un punto próximo al de congelación. Esto provoca la condensación del vapor de agua contenido en el aire permitiendo su eliminación posterior mediante separación y drenaje.

FD 170

Condiciones de referencia:

Presión efectiva del aire comprimido	Bar	7
Temperatura ambiente	°C	25
Temperatura aire comprimido	°C	35
Punto de rocío a la presión de 7 bar	°C	3

Características técnicas del equipo

Máxima presión de aire comprimido	Bar (e)	13
Máxima temperatura ambiente	°C	45
Mínima temperatura ambiente	°C	0
Máxima temperatura del aire comprimido	°C	55
Capacidad a la entrada	l/s	170
Pérdida de carga	Bar (e)	0,19
Consumo energético	Kw	1,9
Tipo de refrigerante	Freón	R404a
Cantidad de refrigerante	kg	1,8
Alimentación eléctrica	V/Hz/Fases	220/50/1

Dimensiones y pesos

Largo	mm	973
Ancho	mm	804
Alto	mm	890
Peso	Kg	143



Un filtro roscado de alta eficacia

PD 150

Condiciones de Referencia

Presión de entrada	Bar (e)	7
Temperatura del aire ambiente	°C	20
Temperatura del aire comprimido de entrada	°C	20
Concentración de aceite antes del filtro	mg/m3	3

Características Técnicas del Equipo

Presión máxima del aire de entrada	Bar (e)	16
Presión mínima del aire de entrada	Bar (e)	1
Temperatura ambiente máxima	°C	66
Temperatura ambiente mínima	°C	1
Temperatura máxima del aire comprimido de entrada	°C	66
Temperatura mínima del aire comprimido de entrada	°C	1
Caudal nominal de entrada a 7 Bar (2)	l/s	150
Contenido máximo de aceite en la salida del filtro	mg/m3	0,01

Otros Datos de Interés

Eficiencia del filtro para partículas mayores a:	0.1 um / 1um(%)	99,9999 / 100
Clasificación calidad aire comprimido según Norma ISO 8573-1		Clase 1 - 1
Volumen total del filtro	l	3,5
Conexiones de entrada y salida	G	1 1/2
Peso neto	kg	4,5
Caída de presión inicial seco/saturado	Bar	0,08/0,2

Una red de tuberías válvulas y accesorios para la distribución del aire comprimido a los distintos elementos de la instalación.



SISTEMA DE REDUCCIÓN DEL CROMO VI

En el caso de que el cemento obtenido en la molienda vaya a utilizarse para fines tales no pueda asegurarse que se trata de procesos controlados, cerrados y totalmente automatizados en los que el cemento y los preparados que contienen cemento sólo sean manejados por máquinas y en los que no exista ninguna posibilidad de contacto con la piel será necesario incluir en el proceso un sistema que asegure la reducción de cromo VI soluble hasta un valor inferior a 2 ppm. Para esto será necesario instalar un sistema de dosificación para aditivo de molienda, se ha reservado una zona junto al molino en el interior del edificio de molienda para la ubicación de este sistema en caso de que se considerase necesario. La cantidad a dosificar dependerá del producto utilizado pero en general el sistema de dosificación consistirá en un tanque de almacenamiento cerrado, una bomba de dosificación y una red de tuberías para el transporte del aditivo hasta la cinta de entrada al molino, descargándose el producto en la zona más cercana a la entrada del molino.

No se incluirá en la implantación actual, queda preparado para una posible futura instalación.



2.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA CIVIL.

A continuación se detallan las calidades y características de los materiales, bien de modo específico bien por referencia a normas de uso habitual; asimismo se establecen los procedimientos constructivos y el grado de libertad que se deja al Contratista para su determinación.

2.5.1. DEMOLICIONES Y MOVIMIENTOS DE TIERRA.

La zona destinada a obras se encuentra en la actualidad libre de construcciones, por lo que las demoliciones necesarias se limitarán eventualmente a las posibles demoliciones de obras antiguas ocultas bajo el terreno. Los movimientos de tierras corresponderán a excavaciones localizadas y vaciados para la ejecución de las cimentaciones, soleras, fosos y zanjas para canalizaciones.

Se define como excavación en cimientos las operaciones necesarias para excavar, evacuar, nivelar el terreno y transportar los materiales de excavación de forma que se obtenga un emplazamiento adecuado para la cimentación de pilares y muros, todo ello realizado según planos. En el caso de que el terreno real sea distinto al de las hipótesis efectuadas en la redacción del presente proyecto, el Ingeniero Director podrá alterar en parte o totalmente el tipo de cimentación y por tanto las dimensiones y profundidades de excavación a realizar.

La excavación deberá realizarse en todos los casos con medios mecánicos, completándose con excavación manual en las zonas conflictivas próximas a zapatas o galerías.

El fondo y paredes laterales de las excavaciones tendrán la forma y dimensiones exigidas y deberán refinarse hasta conseguir una tolerancia inferior a cinco centímetros (5 cm.), en más o menos.

En caso de lluvias, los bombeos o agotamientos que pudieran ser necesarios para dejar los fondos de excavación en seco serán por cuenta del Contratista.

Los taludes de excavación serán los necesarios para la seguridad del personal y la correcta operación de las máquinas del Contratista. A título indicativo, se recomienda



utilizar taludes 3:1, si bien la consistencia del terreno podría admitir incluso formas de excavación más verticales.

Antes de verter el hormigón de limpieza bajo cimentaciones, deberá procederse a la limpieza y saneo del fondo de excavación, eliminando materiales sueltos, barro y agua, y compactando el fondo con pisón vibrante.

La medición de las demoliciones eventuales se hará por metros cúbicos realmente demolidos, debiendo notificar el Contratista a la Dirección Facultativa las operaciones de poner al descubierto antiguas cimentaciones para que se puedan ponderar de mutuo acuerdo los volúmenes de demolición efectivos.

En el caso de soleras, la medición se haría por m² realmente demolidos, siempre que el espesor de la losa no sea superior a 30 cm. En caso contrario, se abonaría por m³ realmente retirados.

La medición de las excavaciones se realizará de acuerdo con las dimensiones teóricas que figuran en los planos, suponiendo un resguardo lateral de 0.30 m. a borde de zapatas, y taludes verticales.

No se abonará en ningún caso la excavación que fuera necesaria para formar rampas de acceso al fondo de vaciados o cimentaciones de gran dimensión. El Contratista deberá tener en cuenta estas circunstancias en la confección de sus precios unitarios de oferta.

2.5.2. HORMIGONES.

En cualquier caso se deberán cumplir las condiciones exigidas por la norma EH-91 "Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado". A efectos de simplificación, se consideran únicamente las unidades de hormigones siguientes:

- Hormigón de limpieza o relleno
- Hormigón H-250 en cimentaciones y bancadas
- Hormigón H-250 en pilares
- Hormigón H-250 en vigas y losas
- Hormigones en macizos, antes y después de iniciar el montaje mecánico



El hormigón de limpieza o relleno se contratará por dosificación de 150 Kg/m³, de cemento como mínimo. Será de consistencia plástica y se pondrá en obra por rastrillado.

El hormigón H-250 para cimentaciones, bancadas, muros, fosos y otras obras de infraestructura se contratará por resistencia, debiendo tener la consistencia adecuada para la puesta en obra por vibración.

El hormigón podrá fabricarse en obra en instalación adecuada, que en cualquier caso debería incorporar sistema de dosificación en peso, o adquirirse en planta exterior. En este último caso, deberán facilitarse a la Dirección Facultativa los albaranes de suministro de los distintos hormigones, para la justificación de las características solicitadas.

El hormigón fabricado deberá ponerse en obra en el plazo máximo de dos horas, para evitar cambios en su consistencia. En ningún caso se admitirá la adición de agua a las cubas en obra para corregir la consistencia, por el riesgo de alterar la resistencia del hormigón.

El uso de aditivos (retardadores, fluidificantes, etc.) no podrá aceptarse salvo autorización expresa de la Dirección Facultativa. En su caso, el sobre coste de estos aditivos sería por cuenta del Contratista.

2.5.3. ARMADURAS.

El acero de armaduras será en todos los casos B 500 S, con doblado en frío.

En cualquier caso, la preparación, ejecución y colocación de las armaduras en obra cumplirán las condiciones exigidas por la Norma EH-73

Los planos del proyecto de construcción contienen toda la información necesaria para la elaboración de la ferralla, pero no incluyen las planillas, cuya confección debe ser realizada por el Contratista a partir de aquellos planos.

Las planillas deberán ser sometidas en todos los casos a la aprobación de la Dirección Facultativa, la cual juzgará de la idoneidad de los solapes o empalmes de las barras y en su caso indicará las modificaciones necesarias.



2.5.4. ENCOFRADOS Y CIMBRAS.

Los encofrados para la ejecución de las cimentaciones y superestructuras, serán de paneles fenólicos, paneles metálicos, o madera machihembrada. Incorporarán todas las velas, costillas, rigidizadores o cabios que sean necesarios para conseguir la necesaria rigidez y garantizar la indeformabilidad y estanqueidad durante el vertido del hormigón.

Todas las aristas vivas llevarán berenjenos de 20 mm. de lado.

Los latiguillos para arriostramiento de los encofrados serán preferentemente del tipo extraíble. En caso de utilizarse barras o flejes perdidos, se exigirá la eliminación posterior de todas las rebabas sobresalientes de los paramentos de hormigón y el pintado de la huella del latiguillo para evitar la aparición de óxido.

Los desencofrantes utilizados para facilitar el despegue de los paneles deberán ser del tipo de película transparente, no admitiéndose el uso de gasoil u otros productos que manchen los paramentos terminados. Los encofrados deberán limpiarse cuidadosamente y reparar sus desconchones o desperfectos de borde antes de autorizar una puesta posterior.

Las cimbras y apeos se diseñarán por el Contratista de manera a poder soportar los encofrados y el peso del hormigón fresco, de acuerdo con las etapas de ejecución en altura que sean adecuadas al programa de ejecución de las obras.

Tendrán la rigidez y estabilidad suficientes para permitir los trabajos en condiciones de seguridad adecuadas, incorporando los medios de acceso y protección necesarios, admitiéndose deformaciones durante el vertido del hormigón inferiores a un quinientosavo de la luz entre pilares extremos de cada paño.

2.5.5. ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE ELEMENTOS DESLIZADOS

- **Hormigones**

El tamaño máximo del árido será de 20 mm.

En el deslizamiento de las paredes circulares de silo, se verterá el hormigón por tongadas de espesor no superior a 25 cm. de manera que durante el vibrado de cada tongada el



extremo del vibrador pueda entrar en las capas inferiores para lograr una mezcla perfectamente homogénea de las sucesivas tongadas.

Todas las superficies expuestas deberán protegerse con productos de curado antes de los 60 minutos de la terminación del acabado del hormigón fresco, cuyo acabado se realizará mediante regleteado o fratasado del hormigón en fresco, tan pronto como haya desaparecido el agua libre en la superficie.

Las paredes deslizadas se repasarán en fresco, al aparecer bajo el encofrado deslizante, pasando un lienzo húmedo o un cepillo, para corregir las pequeñas porosidades, coqueras o arrastres de material que puedan producirse durante la operación del deslizamiento. No se requiere un fratasado general de las paredes sino únicamente el repaso de las superficies locales.

- **Encofrados deslizantes**

Los encofrados deslizantes para las paredes de las celdas se diseñarán con la precisión adecuada para conseguir unas tolerancias mínimas de ovalización incluyendo los elementos de arriostramiento que sean necesarios y compatibles con el proceso constructivo.

Se cuidará muy especialmente el mantenimiento de la sección circular de las paredes deslizadas de los silos. A estos efectos, el diseño de los moldes y de sus arriostramientos tendrá en cuenta la eventual necesidad de disponer anillos de rigidez en forma de rueda o de corona de perfiles, para asegurar que la ovalización definitiva durante la ejecución no se traduce en una variación de cualquiera de los diámetros de las cámaras circulares mayor de 4 cm.

El suministro y montaje del encofrado deslizante será realizado por un subcontratista especializado y con experiencia en este tipo de realizaciones.

El montaje de los encofrados deslizantes se realizará sobre una capa de mortero de nivelación, sobre el hormigón de apoyo terminado, con el fin de conseguir una perfecta planeidad de la base de asiento, con tolerancias no superiores a ± 1 cm. en todo el perímetro. Los encofrados dispondrán de los elementos de arriostramiento necesarios para garantizar la no ovalización de los mismos durante el proceso de izado. Se dispondrán plomadas para garantizar la verticalidad de la pared, y se tomarán referencias



exteriores para la colocación de todas las placas y elementos embebidos, evitando la disposición de referencias fijas sobre la plataforma de deslizamiento por el riesgo de giro que puede sufrir la misma durante el deslizamiento.

Las plataformas para el encofrado deslizante llevarán suspendidas las correspondientes plataformas de servicio para permitir el repaso en fresco de la pared, para corregir las coqueras, imperfecciones o pequeños arrastres de material surgidos durante el deslizamiento.

Se realizará un curado continuo de la pared en el caso de que la temperatura exterior resultara excesiva. Igualmente, en el caso de que las circunstancias meteorológicas y especialmente la presencia de vientos importantes lo requieran, se dispondrán faldones de arpillera o plástico opaco para proteger la pared (o al menos sus caras más expuestas) de dicha intemperie, en longitud suficiente como para que cubran toda la zona en proceso de endurecimiento, es decir unos 4 m. por debajo del labio inferior del encofrado.

El Contratista dispondrá los medios de acceso, iluminación, protección y seguridad necesarios en la plataforma de deslizamiento para asegurar una operación continua y segura de la misma. En este sentido, se recuerda la absoluta prohibición de que el acceso a la plataforma se realice mediante plataformas colgadas de la grúa y la conveniencia de disponer en la plataforma de un medio de evacuación en forma de cesto o camilla para asegurar la evacuación segura del personal que pudiera resultar accidentado durante el deslizamiento.

- **Armaduras pasivas en silos**

Las barras verticales de las paredes deslizadas tendrán largos comprendidos entre 4 y 6 m., para que no cimbreen excesivamente durante la ejecución.

2.5.6. CAJETINES Y RELLENOS DE HORMIGÓN.

En general, todos los elementos metálicos embebidos serán suministrados por el Contratista de obra civil con la antelación suficiente para su puesta en obra.

Las placas base para pilares metálicos irán ancladas en principio mediante pernos con plantilla de nivelación, formando conjuntos que se dejarán embebidos en el hormigón de cimentaciones, colocándolos y replanteándolos en los encofrados y jaulas de armadura



antes de verter el hormigón; en consecuencia no son necesarios cajetines de anclaje para estas placas.

En el caso sin embargo de los equipos mecánicos principales, los pernos de anclaje se recibirán en cajetines a realizar en el hormigón, con las dimensiones previstas en los planos. El material para la confección de estos cajetines podrá ser madera, poliestireno, o preferentemente encofrados perdidos de Nervometal (tipo metal desplegado) Se utilizarán, en los casos en que así se especifique, vainas de pretensado. En cualquier caso, después del hormigonado deberá eliminarse el encofrado lateral, salvo que sea de Nervometal, y limpiarse cuidadosamente los laterales y fondo del cajetín.

Las tolerancias en posición de los cajetines serán inferiores a 2 cm. en cualquier dirección, debiendo el Contratista agrandar a su costa aquellos cajetines que quedaran desplazados respecto de su posición teórica.

Terminado el montaje mecánico, el Contratista, cada vez que sea así solicitado por la Propiedad, procederá al relleno de los cajetines, utilizando mortero autonivelante sin retracción de marca autorizada por la Dirección Facultativa.

Bajo los equipos principales, el Contratista deberá verter un relleno de hormigón H-250 de consistencia fluida y árido 15.

2.5.7. ELEMENTOS EMBEBIDOS.

En general, todas las placas de anclaje tanto en bancadas como en paramentos verticales, serán también suministradas por el Contratista de obra civil.

El recibido de estas placas en los encofrados antes de hormigonar deberá hacerse fijándolos a los encofrados con la necesaria precisión y firmeza para que no experimenten movimientos durante el hormigonado, evitando que queden rehundidos respecto de los paramentos o con desviaciones mayores de 3 cm. en cualquier dirección dentro del plano de colocación.

2.5.8. CERRAMIENTOS DE CHAPA PLEGADA

Las cubiertas, casetas, pasarelas de estructura metálica, y toda aquella nave o edificación que así conste en Planos, irán provistas de cerramientos laterales ejecutados con paneles



de chapa plegada galvanizada y prelacada, fijados a las correas, definidas con la estructura metálica, mediante tornillos autorroscantes, y que incorporarán al menos un 15% de elementos translúcidos del mismo perfil.

2.5.9. CERRAMIENTOS DE PANEL SANDWICH.

Se trata de cerramientos elaborados en fábrica, de chapa prelacada por ambas caras, con un forro interior de espuma de poliuretano rígida de 30 mm de espesor.

Las juntas entre paneles serán rigurosamente estancas y enrasadas, con uniones machihembradas y selladas, y evitando la utilización de cubrejuntas o nervios de solape sobresalientes.

La fijación de los paneles se realizará mediante tornillos autorroscantes.

Todos los cortes de panel se rematarán mediante baberos o cubrejuntas de chapa plegada prelacada del mismo color, evitando sistemáticamente que el forro de poliuretano pueda quedar expuesto al agua atmosférica.

2.5.10. CERRAMIENTO DE BLOQUES DE HORMIGÓN

Se trata de cerramientos no resistentes, de fábrica de bloques de hormigón y con altura no mayor de nueve metros (9 m.).

Se definen dos tipos de cerramiento en función de su altura:

- Cerramientos ordinarios con altura hasta 3.50 m. Irán situados entre elementos estructurales verticales y horizontales anclados en sus cuatro lados.
- Cerramientos esbeltos con altura comprendida entre 3.5 y 9 m. irán situados entre elementos estructurales, verticales y horizontales, anclados en tres de sus lados.

Serán rematados con un encadenado de hormigón armado según la NTE-EFB.

Para su construcción será de obligado cumplimiento todo lo especificado en la Norma NTE-FFB, siendo de aplicación así mismo los requisitos de control y aceptación de la mencionada Norma.

- **Cubierta de chapa plegada**

Se considera de aplicación todo lo expuesto en el apartado de Cerramientos de chapa plegada.

- **Cubierta sandwich**



Se entiende por cubierta sándwich a la formada por:

- chapa galvanizada de onda trapecial de 1.2 mm. de espesor
- aislamiento de poliestireno extrusionado de 4 cm. de espesor
- perfil omega separadora cada 90 cm. en chapa galvanizada de 1 mm
- tablero de madera hidrófugo de 19 mm. de espesor sobre las omegas
- fieltro saturado y cubrición con bandejas engatilladas de aluminio 3003 H-14 con acabado natural de 0.6 mm. de espesor, incluso retenedores.

Recomendación de manipulación y montaje

Las chapas deben almacenarse en un lugar cubierto y seco. Si esto no fuera factible, se deberán tapar con lonas o plásticos, colocándolas con la máxima inclinación posible y no apoyándolas directamente en el suelo.

Si el aluminio ha de estar en contacto directo con correas de acero o madera ácida o mal curada, debe evitarse el contacto mediante pinturas o fieltros bituminosos.

Las chapas deben solaparse en dirección contraria a la del viento dominante.

En los solapes longitudinales de las chapas se recomiendan solapes mínimos de 150 mm. en cubiertas y 100 mm. en fachadas.

Si la pendiente en cubierta es menor del 15%, el solape se debe incrementar.

Los solapes longitudinales deben hacerse encima de las correas.

Fijaciones principales a estructura

Los accesorios más habituales son ganchos y tornillos autorroscantes.

Los ganchos, preferentemente de aluminio, deben colocarse en la parte alta de la onda.

Para espesores de chapas igual o menor a 0.7, se recomiendan arandelas especiales con la forma de la onda o anclas.

Los tornillos autorroscantes serán de acero galvanizado o inoxidable, y se colocarán indistintamente en la cresta o en el valle de la onda. Cuando se coloquen en la cresta se recomienda la utilización de arandelas especiales con la forma de la onda o anclas.

Tanto el gancho como el tornillo deben ir provistos de arandela de fieltro o caucho y de arandela del mismo metal que el tornillo o gancho utilizado.

Fijaciones entre chapa y chapa

Se utilizarán tornillos roscachapas o remaches de aluminio estancos.

Propiedades Físicas

Densidad	2.73 Kg./dm ³
Módulo de elasticidad	69.000 MPa
Rango de fusión	640 - 655 °C



Calor específico (0 a 100°C)	935 J/Kg. °C
Conductividad térmica (a 25°C)	193 W/m °C
Resistividad a 20°C	3.4 μ cm ² /cm
Coeficiente de dilatación lineal (0-100°C)	°C

2.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ESTRUCTURA METÁLICA.

Acero S275 JR

Según calidades enumeradas en la norma UNE-EN 10025

Las características mecánicas serán como mínimo las siguientes.

Límite elástico.....275 N/mm²

Tensión de rotura.....430 N/mm²

Alargamiento en rotura.....22%

Resiliencia a +20°C.....2,7 Kg./m

2.7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE CONTROL.

2.7.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONTROL Y MANDO.

- Sistema de control constituido por dos estaciones de control con doble monitor incluyendo :
 - 2 teclados estándar USB.
 - 2 monitores LCD-TFT 19"
 - 1 UPS con 30 minutos de autonomía.
- Una estación con doble monitor (en entrada planta) incluyendo :
 - 1 teclado estándar USB.



- 2 monitores LCD-TFT 19"
 - 1 Impresora
 - 1 UPS 30 minutos de autonomía.
- Una estación de mantenimiento con monitor simple, incluyendo :
 - 1 teclado estándar USB.
 - 1 monitor LCD-TFT 19"
 - 1 Impresora
 - 1 UPS 30 minutos de autonomía.

- HARDWARE

Características mínimas P4 a 3,4GHz, 2x256MB RAM, sonido, tarjeta gráfica, DVD-ROM, FD 1,44MB, disco duro 120GB, 1xFast Ethernet.

- SOFTWARE.

Sistema operativo Microsoft Windows. Paquetes comerciales de ofimática incluyendo licencias. Posibilidad de programar un back-up automático.

- Arquitectura del sistema

Integración para la configuración de los PC's y programación del software de la aplicación. Esta especificación cubrirá principalmente dos niveles:

Level 1: Monitorización de las distintas areas de la planta.

Level 2: Supervisión, con el uso de monitores de color, teclado y periferia que proporcione a los operadores el control de la instalación.

○



Aplicaciones para la creación / modificación en el nivel 1 y 2.

Creación / modificación del proceso por medio de imágenes.

Almacenaje de datos para análisis de ingeniería.

- Red de comunicaciones

Interconexión con fibra óptica entre cada uno de los PLC's y los equipos de control.

2.7.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Transformadores.

Transformador de entrada

- La impedancia de cortocircuito del transformador de entrada deberá ser $\leq 31,5$ kA pero muy similar para asegurar una red de alimentación estable.
- El transformador de entrada se incluirá una resistencia de puesta a la tierra de 50 A, conectada en el neutro del secundario del transformador para limitar los daños sobre los motores y los equipamientos 5.5 kV, en caso de cortocircuito.
- El nivel sonoro se limitará a 80 dBA a 1 metro, cuando el transformador se encuentre a su tensión nominal y con todos los auxiliares (equipamiento de refrigeración) en servicio.
- El transformador y sus accesorios se protegerán IP 55.
- El transformador (equipamiento completo) se concibe para poder resistir, sin deformaciones permanentes, a los esfuerzos causados por: cortocircuitos, actividades sísmicas, explotación y transporte.
- Las partes susceptibles de soportar presiones en funcionamiento se concebirán para resistir, sin deformación permanente, presiones al menos 25% superiores a las presiones máximas de servicio

Transformadores de distribución

- Se normalizarán los transformadores de distribución entre: 630 kVA, 1000 kVA y 1600 kVA.
- En los transformadores se calcularán las dimensiones con el fin de limitar su carga permanente al 70% de su potencia nominal.

Subestaciones



Centros de control de motores y compensación de potencia reactiva.

Cada zona de la planta estará equipada con su propio MCC para el control de los motores de baja tensión de dicha zona. La compensación de potencia reactiva de cada MCC se llevará a cabo por una batería de condensadores regulados de forma automática.

Cuadro metálico compartimentado, de dimensiones adecuadas y conteniendo el aparellaje eléctrico adecuado para los consumidores eléctricos pertenecientes a cada una de las zonas, incluyendo también:

1 Udad.- Interruptor con protección magnetotérmica de 3x1.600 A.

1 Udad.- Analizador de redes.

1 Udad.- Protecciones tensiones auxiliares CCM.

1 Udad.- Fuente de alimentación 24Vdc y trafo de mando 380/220V.

Batería automática de Compensación de Reactiva de montada en armario metálico independiente, y con protección diferencial para cada banco de condensadores

Cables

- Cables de fuerza 0.6/1kV tipo RV flexibles
- Cables de mando 750V tipo RV flexibles
- Cables apantallados para los motores con variador.

Alumbrado.

Zona Tolvas Materias Primas : 18 Pantallas estancas de 2x40W

Zona Cintas a Molino : 20 Pantallas estancas de 2x40W

Zona Molino : 20 Pantallas estancas de 2x40W



	16 Proyectores 400W Halog. Metálicos
Zona Arriba Silo :	2 Pantallas estancas de 2x40W 3 Proyectores 400W Halog. Metálicos.
Zona Abajo Silo :	26 Pantallas estancas de 2x40W
Sala Eléctrica Molienda:	6 Pantallas estancas de 2x40W
Sala Eléctrica Descarga:	6 Pantallas estancas de 2x40W
Sala Eléctrica servicios:	6 Pantallas estancas de 2x40W
Salas de Control :	4 Pantallas empotrables de 4x18W
Sala Compresores :	6 Pantallas estancas de 2x40W
30	Udes. Emergencias de 70 lúmenes, con un hora de autonomía.
1	Udad. Alumbrado viario, considerando un punto de luz cada 25 metros en el perímetro de los edificios de materias primas, molienda y silos.
1	Udad. Suministro de cuadros secundarios de alumbrado para las distintas zonas de la instalación, con protección magnetotérmica y diferencial para cada uno de los circuitos de alumbrado.

Tomas de soldadura

8 Tomas Auxiliares de fuerza, repartidas en la instalación

Red de tierras

- Red de tierras general: formada por picas de cobre y cable desnudo de cobre de 1x95mm², tendido por las zanjas perimetrales de la cimentación.
- Red de tierra de neutro y de servicio, formada por picas de cobre y cable desnudo de cobre de 1x95mm², a realizar en los 3 centros transformadores de distribución (subestaciones) y en el centro de transformación de entrada.
- Red equipotencial de tierra, de las masas metálicas y elementos eléctricos de la instalación, formada por picas de cobre y cable amarillo-verde de 1x95mm², que conectará las masas metálicas de la instalación.

Instalación de pararrayos.



La instalación deberá estar equipada con una instalación pararrayos de acuerdo a la legislación local y al estándar IEC 61024.

La instalación deberá cubrir todos los edificios y equipos de la planta.

Los mástiles estarán instalados en lo alto de las localizaciones de mayor altura de la planta de forma que se obtenga una protección completa.

Los mástiles se conectarán a la red general de tierras.

■

CÁLCULOS



1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas se almacenan en una nave común, la caliza y el yeso sufren un primer proceso de trituración antes de ser almacenados. Las materias primas son extraídas del lugar de almacenamiento a través de una tolva alimentada por medio de una pala. Bajo esta tolva existe una cinta con variador de velocidad que asegura un caudal continuo a la siguiente cinta que elevará el material a lo alto de las tolvas de materias primas, donde una serie de cintas transportadoras alimentaran las tolvas de almacenamiento de materias primas de la planta de molienda.

Desde estas tolvas se dosificará el material que alimentará al molino, este estará formado por una mezcla de las siguientes materias primas, cuyas características y comportamiento se han estimado de acuerdo a los datos de la siguiente tabla:

	Unidades	Clinker	Caliza			Yeso		
Humedad	%	0	min 4,5	medio 8,5	Máx. 14	min 1,5	medio 3	Máx. 5,5
Comportamiento		abrasivo	pegajoso			N/A		
Temperatura	°C	Ambiente	Ambiente			Ambiente		
Densidad		1,4	1,03			1,57		
Granulometría	mm	0-30	0-50			0-50		

Tabla 3.- Características de las materias primas

1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Este ensayo consiste en la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de una muestra.

El análisis granulométrico se efectúa a materiales granulares.

Para la distribución de tamaños de las partículas, en el análisis granulométrico se usa una serie de tamices normalizados de diferentes aberturas y numeradas según diferentes escalas

De los distintos métodos existentes para realizar el análisis granulométrico, quizá el más utilizado sea la tamización con tamices acoplados en cascada. Para realizarlo se coloca un juego de tamices en cascada, es decir, ordenados de arriba abajo por orden decreciente de luz o abertura de malla. El producto a analizar se añade sobre el primer tamiz, es decir aquel de abertura de



mallla mayor y se somete el conjunto a un movimiento vibratorio.

El producto a analizar o producto bruto, B, queda distribuido en diferentes fracciones según el tamaño de partícula, denominándose:

Rechazo: producto que queda sobre el tamiz.

Cernido: producto que atraviesa el tamiz.

El resultado de estos ensayos suele representarse en forma de diagramas. En general este tipo de diagramas pueden referirse a rechazos o a cernidos y se obtienen representando los porcentajes acumulados frente al diámetro medio de las partículas.

Para la realización de estos diagramas los rechazos se calculan a partir del índice de rechazos.

$$I_R = \frac{R}{B} \cdot 100$$

Donde,

B: cantidad de producto a analizar ó producto bruto.

R: suma de todos los rechazos.

2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL.

La planta deberá producir tres tipos de cemento cuyas características se describen a continuación:

Producto final	Finura	Composición		
Cemento	Blaine	Clinker	Caliza	Yeso
	SSB	%	%	%
CEM II A-L 42,5 N	3800	86	10	4
CEM II A-L 32.5 N	3500	78	18,2	3,8
MC 5 (cemento de albañilería)	3000	66	30	4

Tabla 4.- Características del producto final



Otras características a tener en cuenta:

- Humedad: 0,3 % H₂O Máx.
- Temperatura: 85°C Máx.

La instalación estará diseñada para producir 90 t/h de cemento tipo CEM II 42,5 y las garantías de producción deberán basarse en estos valores.

Energía específica de molienda: podremos estimar para el tipo de cemento CEM II A-L 42,5 N con un Blaine de 3800 35,5 kWh/t

Para poder producir las 90t/h que se piden será necesario ir a un molino que absorba:

$$35,5kWh/t \cdot 90t/h = 3.195kW \approx 3.200kW$$

Para el cemento CEM II A-L 32,5 N no se requiere ninguna producción a alcanzar, pero conociendo su energía específica de molienda podemos calcular la producción estimada con el mismo molino. La energía de este tipo de cemento es 30,2 KWh/t, por lo que:

$$\frac{3.200kW}{30,2kWh/t} \approx 105t/h$$

Y para el último tipo de cemento a producir, el MC 5, conocemos también la energía específica que son 24,8kWh/t, luego la producción esperada de este tipo de cemento será:

$$\frac{3.200kW}{24,8kWh/t} \approx 129t/h$$

Por tanto tendrá que tenerse en cuenta para el cálculo de los elementos de transporte que el caudal máximo que se va a transportar de producto terminado son 129 t/h.

3. BASCULAS DOSIFICADORAS.

En la instalación a diseñar a la salida de las tolvas de almacenamiento de materias primas se van a instalar unas básculas, una bajo cada tolva, que serán las encargadas de garantizar que las



proporciones de las materias primas son las requeridas para el tipo de cemento que se desea producir

Para poder seleccionar las básculas lo primero que tendremos que calcular es la cantidad de material que debe dosificar cada una de ellas. Para esto hay que tener en cuenta que el material de partida es producto húmedo, por lo que contendrá una proporción de agua que deberá desaparecer a lo largo del proceso, sabiendo esto y partiendo de la cantidad de producto final que se desea obtener de cada tipo de cemento (seco) podemos calcular las cantidades de cada materia prima que se debe alimentar.

CEMENTO TIPO CEM II 42,5.

Para este tipo de cemento sabemos que deberá tener una composición en tanto por ciento de:

	CEM II 42,5
Clinker (%)	86
Caliza (%)	10
Yeso (%)	4

Tabla 5.- Composición cemento

Sabemos que la producción que se va a obtener de este cemento son 90 t/h por lo que el porcentaje de cada materia prima contenido en el producto final en t/h será:

	CEM II 42,5
Clinker (t/h)	77,4
Caliza (t/h)	9
Yeso (t/h)	3,6

Total 90 t/h

Tabla 6.- Composición cemento

Como hemos comentado antes estos valores son de producto seco, si lo que queremos es



conocer las cantidades a suministrar en la alimentación tenemos que tener en cuenta la humedad de cada materia prima, para todos los cálculos que se realicen a lo largo del proyecto se considerarán los valores de humedad máximos por ser estas las condiciones más desfavorables.

	Humedad (%)
Clinker	0
Caliza	14
Yeso	5,5

Tabla 7.- Composición cemento

Podemos decir que el material en alimentación está formado por una cantidad de producto seco más una cantidad de agua que será evaporada a lo largo del proceso de molienda.

$$\left. \begin{array}{l} \dot{m}_{a \text{ alimentación}} = \dot{m}_{\text{seco}} + \dot{m}_{\text{agua}} \\ \dot{m}_{\text{agua}} = X \cdot \dot{m}_{a \text{ alimentación}} \end{array} \right\} \rightarrow \dot{m}_{a \text{ alimentación}} = \frac{\dot{m}_{\text{seco}}}{(1 - X)}$$

De esta forma podemos obtener la cantidad de cada material que deberá dosificar la báscula.

$$\text{Clinker: } X_{\text{CLINKER}} = 0\% \rightarrow \dot{m}_{\text{CLINKER}_{a \text{ alimentación}}} = \frac{\dot{m}_{\text{CLINKER}_{\text{SECO}}}}{(1 - X_{\text{CLINKER}})} = \frac{77,4}{(1 - 0)} = 77,4 \text{ t/h}$$

$$\text{Caliza: } X_{\text{CALIZA}} = 14\% \rightarrow \dot{m}_{\text{CALIZA}_{a \text{ alimentación}}} = \frac{\dot{m}_{\text{CALIZA}_{\text{SECO}}}}{(1 - X_{\text{CALIZA}})} = \frac{9}{(1 - 0,14)} = 10,46 \text{ t/h}$$

$$\text{Yeso: } X_{\text{YESO}} = 5,5\% \rightarrow \dot{m}_{\text{YESO}_{a \text{ alimentación}}} = \frac{\dot{m}_{\text{YESO}_{\text{SECO}}}}{(1 - X_{\text{YESO}})} = \frac{3,6}{(1 - 0,055)} = 3,8 \text{ t/h}$$



Se puede ver como el caudal en alimentación deberá ser algo mayor que el que desea obtenerse como producto final debido a la humedad de las materias primas.

CEMENTO TIPO CEM II 32,5.

La composición del cemento CEM II 32,5 debe mantener la siguiente proporción:

	CEM II 32,5
Clinker (%)	78
Caliza (%)	18,2
Yeso (%)	3,8

Tabla 8.- Composición cemento

Análogamente al apartado anterior podemos obtener los porcentajes en t/h sabiendo que se van a obtener 105t/h de producto final, que serán:

	CEM II 32,5
Clinker (t/h)	81,9
Caliza (t/h)	19,11
Yeso (t/h)	3,99

Total 105 t/h

Tabla 9.- Composición cemento

Ahora pasamos a calcular los caudales en alimentación para cada material.

$$\text{Clinker: } X_{CLINKER} = 0\% \rightarrow \dot{m}_{CLINKER, \text{alimentación}} = \frac{\dot{m}_{CLINKER_{SECO}}}{(1 - X_{CLINKER})} = \frac{81,9}{(1 - 0)} = 81,9 \text{ t/h}$$



$$\text{Caliza: } X_{\text{CALIZA}} = 14\% \rightarrow \dot{m}_{\text{CALIZA}_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{\text{CALIZA}_{\text{SECO}}}}{(1 - X_{\text{CALIZA}})} = \frac{19,11}{(1 - 0,14)} = 22,22 \text{ t/h}$$

$$\text{Yeso: } X_{\text{YESO}} = 5,5\% \rightarrow \dot{m}_{\text{YESO}_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{\text{YESO}_{\text{SECO}}}}{(1 - X_{\text{YESO}})} = \frac{3,99}{(1 - 0,055)} = 4,22 \text{ t/h}$$

CEMENTO TIPO MC 5.

La composición del cemento MC 5 debe mantener la siguiente proporción:

	MC 5
Clinker (%)	66
Caliza (%)	30
Yeso (%)	4

Tabla 10.- Composición cemento

Con una producción para este cemento de 129 t/h el porcentaje de cada materia prima contenido en el producto final en t/h será

	MC 5
Clinker (t/h)	85,14
Caliza (t/h)	38,7
Yeso (t/h)	5,16

Total 129 t/h

Tabla 11.- Composición cemento

Los caudales de las materias primas en alimentación serán:



$$\text{Clinker: } X_{CLINKER} = 0\% \rightarrow \dot{m}_{CLINKER_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{CLINKER_{SECO}}}{(1 - X_{CLINKER})} = \frac{85,14}{(1 - 0)} = 85,14 \text{ t/h}$$

$$\text{Caliza: } X_{CALIZA} = 14\% \rightarrow \dot{m}_{CALIZA_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{CALIZA_{SECO}}}{(1 - X_{CALIZA})} = \frac{38,7}{(1 - 0,14)} = 45 \text{ t/h}$$

$$\text{Yeso: } X_{YESO} = 5,5\% \rightarrow \dot{m}_{YESO_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{YESO_{SECO}}}{(1 - X_{YESO})} = \frac{5,16}{(1 - 0,055)} = 5,46 \text{ t/h}$$

Con los datos obtenidos podemos ver los rangos de caudal que deberá proporcionar cada una de las dosificadoras, pues deberán ser capaces de suministrar las proporciones definidas para cada tipo de cemento.

La siguiente tabla resume los caudales necesarios a la salida de las básculas:

	CEM II 42,5	CEM II 32,5	MC 5
Clinker (t/h)	77,4	81,9	85,14
Caliza (t/h)	10,46	22,22	45
Yeso (t/h)	3,8	4,22	5,46
Total material alimentado (t/h)	91,66	108,34	135,6

Tabla 12.- Caudales alimentación

La báscula dosificadora de **clinker** ha de ser capaz de suministrar un mínimo de 77,4 t/h y a su vez alcanzar también un caudal de dosificación de 85,14 t/h, su rango de dosificación debe comprender: **77,4-85,14 t/h**

El rango de dosificación de la báscula de **caliza** deberá abarcar **10,46-45 t/h**.

Para la báscula de dosificación del **yeso** los caudales que esta ha de suministrar se encuentran

entre los **3,8-5,46 t/h**

Para seleccionar las básculas recurriremos a catálogos, en este caso se selecciona una compañía especializada en este tipo de equipos con aplicaciones en el sector del cemento, Schenck Process GmbH.

A la salida de cada una de las básculas se dispone una válvula de tajadera que sirve para cortar el flujo del material durante las operaciones de mantenimiento.

4. CINTA DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO

Una cinta transportadora será la encargada de recoger el material bajo las tolvas de materias primas, para el diseño de esta cinta deberá tenerse en cuenta además de la longitud entre ejes y la inclinación requerida el tipo de material que se desea transportar y la capacidad que deberá tener la cinta. En esta cinta se van a mezclar los materiales procedentes de las tres tolvas por lo que la cinta debe poder transportar el total de material alimentado, como aparece indicado en la **Tabla 12.- Caudales alimentación** el máximo se da para el tipo de cemento MC 5 y es 135,6 t/h.

Dado que se produce caída de material directamente sobre la cinta en estos puntos deberán colocarse unos rodillos de impactos que amortigüen la caída y eviten el deterioro de la cinta. Estarán ubicados debajo de la zona de carga del equipo transportador, como hemos dicho su función es amortiguar el golpe producido por la carga del material sobre la correa. La distancia entre estas estaciones es siempre menor que la indicada para las estaciones de rodillos portantes comunes o de línea y depende del tipo de material a transportar, su altura de caída y velocidad. Los rodillos de estas estaciones son conformados por discos o anillos normalmente cauchutados.

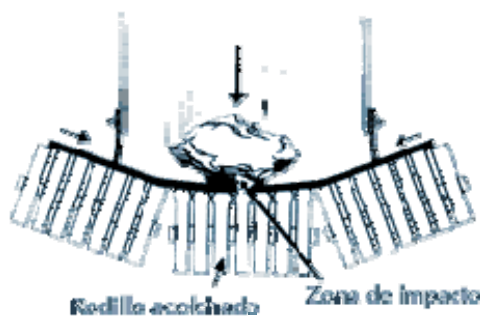


Imagen 1 .- Rodillos amortiguadores.

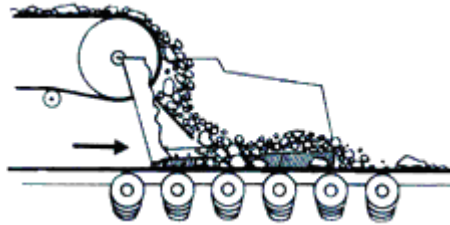


Imagen 2.- Carga con rodillos amortiguadores.

La entrada del material descargado de la cinta al molino se realiza por medio de una zona escalonada, con esto se persigue reducir el desgaste producido por el movimiento relativo entre el dispositivo y el material descargado debido a la alta abrasividad del clinker, ya que de esta forma el material se deposita en los escalones formando una rampa, así se consigue que haya una capa de material sin movimiento sobre la que se desliza el resto del material, consiguiendo así que el rozamiento producido sea entre material-material (o clinker-clinker, por tratarse del más abrasivo) alargando la vida del dispositivo de entrada al molino.

5. CÁLCULO DE LA CÁMARA DE PRESECADO

Debido al gran porcentaje de humedad de las materias primas será necesario secarlas antes de introducir la mezcla en el molino, reduciendo la humedad en la entrada del molino hasta un máximo del 1,5% H₂O pues cantidades altas de humedad influyen desfavorablemente a lo largo de todo el proceso de molienda, produciéndose problemas de fraguado en el interior de la cámara, que pueden llegar a obstruir el tabique de salida ocasionando grandes problemas en la instalación.

Para el cálculo de la cámara de presecado deberán tenerse en cuenta los tipos de cemento y las cantidades que se desean producir.

La instalación debe estar diseñada para producir **90 t/h de cemento tipo CEM II 42,5**

Además deberán producirse otros dos tipos de cemento, en resumen se podrán fabricar:

Tipo de cemento	T/h
CEM II 42,5	90
CEM II 32.5	110
MC 5	129

Tabla 13.- Caudales producto final

El cemento que se produce en mayor cantidad es el MC 5, además es el que mayor porcentaje contiene de caliza, que es el componente más húmedo, por tanto será este cemento el que nos marque la situación más crítica utilizada para el cálculo de la cámara de presecado.

Lo primero que tendremos que conocer es la cantidad de material en alimentación. Para el cemento MC 5:

	Humedad (%)	Composición MC 5 (%)
Clinker	0	66
Caliza	14	30
Yeso	5,5	4

Tabla 14.- Material en alimentación

Para el dimensionado de las básculas se calculo la cantidad de cada material que debía alimentarse para obtener las 129t/h de este tipo de cemento:

$$\text{Clinker: } X_{CLINKER} = 0\% \rightarrow \dot{m}_{CLINKER_{a\text{ alimentación}}} = \frac{\dot{m}_{CLINKER_{SECO}}}{(1 - X_{CLINKER})} = \frac{85,14}{(1 - 0)} = 85,14 \text{ t/h}$$

$$\text{Caliza: } X_{CALIZA} = 14\% \rightarrow \dot{m}_{CALIZA_{a\text{ alimentación}}} = \frac{\dot{m}_{CALIZA_{SECO}}}{(1 - X_{CALIZA})} = \frac{38,7}{(1 - 0,14)} = 45 \text{ t/h}$$



$$\text{Yeso: } X_{YESO} = 5,5\% \rightarrow \dot{m}_{YESO_{a \text{ lim entación}}} = \frac{\dot{m}_{YESO_{seco}}}{(1 - X_{YESO})} = \frac{5,16}{(1 - 0,055)} = 5,46 \text{ t/h}$$

$$\boxed{Total = 85,14 + 45 + 5,46 = 135,6 \text{ t/h}}$$

Cantidades de agua en alimentación:

$$\dot{m}_a = X \cdot \dot{m}_T$$

$$\text{Clinker: } \dot{m}_{a_{CLINKER}} = 0$$

$$\text{Caliza: } 0,14 \cdot 45 = 6,3 \text{ T/h} = 6.300 \text{ kg/h}$$

$$\text{Yeso: } 0,055 \cdot 5,46 = 0,275 \text{ T/h} = 275 \text{ kg/h}$$

$$\boxed{\dot{m}_{a_{TOTAL}} = 6.575 \text{ kg/h}}$$

Debido al flujo de gases en el interior del molino y al calor generado durante el proceso de molienda por la fricción podemos considerar válida la entrada de material al molino con un 1,5% H₂O.

$$\dot{m}_{TOTAL} = \dot{m}_{seco} + X \cdot \dot{m}_{TOTAL} \rightarrow \dot{m}_{TOTAL} = \frac{\dot{m}_{seco}}{(1 - X)}$$

$$\dot{m}_{TOTAL} = \frac{129}{(1 - 0,015)} = 130,964 \text{ t/h}$$



Cantidad de agua a evaporar:

$$\dot{m}_{ev} = 135,6 - 130,96 = 4,64 t/h = 4640 kg/h$$

Para el diseño de la cámara estimamos que $1m^3$ de cámara de presecado es capaz de secar 160 kg/h, siendo este un dato conservador que incluye las pérdidas producidas por las paredes de la cámara.

$$V_{UTIL} = \frac{4640}{160} = 29 m^3$$

Si incorporamos un coeficiente de seguridad del 10% para asegurar que ante un pico de material, o un fallo de las dosificadoras no se produzcan problemas de fraguado en el molino:

$$V = V_{UTIL} \cdot (1 + \gamma) = 29 \cdot 1,1 = 31,9 m^3$$

Diseñaremos una cámara de $31,9m^3$ de volumen.

Así si fijamos un diámetro de 3.200 mm la longitud de la cámara será:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \rightarrow L = \frac{V \cdot 4}{\pi \cdot D^2} = \frac{31,9 \cdot 4}{\pi \cdot 3,2^2} = 3,966 m \approx 4 m$$

Por tanto la cámara de presecado tendrá unas dimensiones de $\varnothing 3.200 \times 4.000 mm$.

A la entrada de la cámara de presecado se dispondrá un generador de gases calientes, este puede ser alimentado por fuel-oil, gas-oil o combustibles alternativos.

El generador se encarga de calentar el aire que se introduce en la cámara hasta una temperatura y un caudal que asegure la evaporación del agua contenida en las materias primas.



El proceso se realiza por secado convectivo directo, por flujo paralelo entre producto y una mezcla de humos de combustión de gas natural siendo la temperatura de los gases de secado de 350°C.

El tipo de cámara de secado según los flujos de aire y material es concurrente pues el grano y el aire de secado fluyen en la misma dirección y sentido. De esta forma el aire caliente se encuentra con grano frío y húmedo, pero la transferencia de calor y humedad que tiene lugar asegura que la temperatura del material no alcance la temperatura del aire de entrada y que descienda rápidamente.

Este diseño tiene la ventaja de permitir el empleo de muy altas temperaturas del aire, que originan altas velocidades de secado sin sobrecalentamiento.

Se ha comprobado también que el consumo específico de energía se encuentra en torno a 900 kcal por kg de agua evaporada, que significa una buena eficiencia térmica.

6. CÁLCULO DEL GENERADOR DE GASES.

Conocida la cantidad de agua a evaporar y una estimación de consumo energético, es necesario determinar la cantidad de aire necesaria para transportar la cantidad de calor determinado (como ya se indicó los cálculos se realizan para el cemento MC 5 pues es el que presenta las características más desfavorables):

El calor necesario para evaporar la cantidad de agua presente en las materias primas será:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{ev} \cdot q_{H_2O} = 4640 \text{ Kg} / h \cdot 900 \text{ Kcal} / \text{Kg} = 4.176.000 \text{ Kcal} / h$$

q_{H_2O} : calor necesario para evaporar 1 Kg de agua. Es el calor latente del agua (~600 Kcal) más las pérdidas producidas principalmente por el calor que se va con el aire.

El aire caliente proveniente del quemador se introduce a 350 °C. El caudal de aire necesario a la entrada de la cámara será:



$$\Delta P = cte;$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{4.176.000 Kcal/h}{0,24 Kcal/Kg \cdot (350 - 80)} = 64.444,4 Kg/h$$

C_p : calor específico del aire a presión constante.

$$Q_{aire} = \frac{\dot{m}}{\rho_{aire}} = \frac{64.444,4}{1,2} = 53.703,7 m^3/h \approx 54.000 m^3/h$$

El caudal de aire a introducir en condiciones normales es $54.000 m^3/h$, como la temperatura del aire a la entrada es $T_e = 350^\circ C$, tendremos que calcular cual será el caudal específico a esa temperatura.

La conversión del flujo en unas determinadas condiciones a condiciones normales se realiza según:

$$Q_N = Q_A \cdot \frac{273}{273 + T} \cdot \frac{(B + p_{st}/13,6)}{760}$$

$$Q_N = \text{caudal en condiciones normales } [Nm^3/h]$$

$$Q_A = \text{caudal en condiciones estimadas } [m^3/h]$$

$$T = \text{temperatura } [^\circ C]$$

$$B = \text{presión barométrica } [mmHg]$$

$$p_{st} = \text{presión estática } [mmca]$$

Ya que nuestra instalación se encuentra a poca altura sobre el nivel del mar no deberemos tener en cuenta el factor de corrección referente a las presiones.

$$Q_{Eaire} = Q_{aire} \frac{(273 + T)}{273} = 54.000 \frac{(273 + 350)}{273} = 122.335 m^3/h \text{ a } 350^\circ C$$

Por tanto el generador de gases deberá estar diseñado para proporcionar $4.176.000 Kcal/h$ y un caudal de gases de $54.000 Nm^3/h$ ($122.335 m^3/h$ a $350^\circ C$).



Estos datos son necesarios para el diseño del generador de gases, así como para el filtro de barrido del molino y la elección de su correspondiente ventilador, que debe ser capaz de absorber un caudal de 50.000Nm³/h.

El consumo de combustible podemos calcularlo en función de las calorías liberadas por cada kilogramo de combustible, dato que se corresponde con el PCI del combustible, en nuestro caso el combustible es Gas-oil, que tiene un PCI (poder calorífico inferior) de 9.800Kcal/Kg.

$$C = \frac{Q}{PCI} = \frac{4.176.000 Kcal / h}{9.800 Kcal / Kg} = 426,12 Kg / h$$

Para la elección del volumen del tanque de combustible que se dispondrá para alimentar el generador de gases se tendrá en cuenta que pueda asegurar una autonomía de funcionamiento de 8 días.

$$C_v = \frac{C}{\rho_{go}} = \frac{426,12}{0,82} = 413,2 l / h$$

$$V = 413,2 \cdot 10^{-3} m^3 / h \cdot 24h \cdot 8 = 79,33 m^3$$

Se dispondrá por tanto de un depósito con capacidad para 80m³ de gas-oil. El tanque deberá servir para la contención de combustible siguiendo las indicaciones de la normativa vigente Este depósito de combustible incorpora una segunda pared en el tanque, formando entre la pared interior y la exterior, una cámara de aire estanca. Esta doble pared facilita su instalación evitando la construcción de cubeto estanco para la recogida de posibles derramas paliando los efectos en caso de rotura accidental.

Los datos de operación del generador serán:

Condiciones de diseño:

- Potencia 4,176 Gcal/h
- Caudal de aire: 54.000 m³N/h



- Temperatura del gas 350 °C (máx.)
- Temperatura ambiente 20°C

Combustible:

- Tipo: Gas-oil
- Consumo máximo de G.O: 426 Kg/h
- PCI: 9.800 Kcal/Kg

Depósito:

- Capacidad: 80 m3
- Tipo: Doble pared

7. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL MOLINO:

Es el elemento principal de la instalación, se trata de un cilindro metálico cuyas paredes están reforzadas con material fabricado en aleaciones de acero al manganeso. Estos blindajes van atornillados a la virola del molino pudiendo sustituirse fácilmente en caso de desgaste. El molino gira y la molienda se realiza por efecto de las bolas de acero al cromo o manganeso que, al girar con el molino, son elevadas por las ondulaciones de los blindajes a una altura determinada, desde donde caen pulverizando por efecto del impacto el material

Lo que se busca principalmente a la hora de elegir unas correctas dimensiones del molino es que para un caudal dado el peso sea mínimo, esto se conseguirá buscando la mínima superficie del tubo. Existe una ecuación que nos ayuda a la elección de estas dimensiones y es la de Bernutat que establece un valor para la relación entre la longitud y el diámetro del tubo del molino. Para el caso de molinos de dos cámaras que es el caso que nos ocupa el valor dado es:

$$\frac{L}{D} = 3$$



Para un diámetro de 4,2 m como es nuestro caso:

$$L = 3 \cdot D = 3 \cdot 4,2 = 12,6m$$

Los 12,6 corresponden a la longitud de las cámaras y estimaremos en algo más de un metro más para los tabiques y testereros del molino, por tanto las dimensiones del molino serán:

$$\boxed{\varnothing 4,2 \times 13,75 \text{ m}}$$

El molino estará dividido en dos cámaras, la primera en la que se lleva a cabo una primera fase de molienda y la segunda en la que se finaliza el proceso de molienda. La separación entre ambas cámaras se lleva a cabo mediante un diafragma que dejará pasar hasta la segunda cámara sólo aquellas partículas que hayan alcanzado una granulometría determinada, por lo general la primera cámara corresponde al 30-35% de la longitud total del molino.

8. CÁLCULO DEL CAUDAL DE GASES A LA SALIDA DEL MOLINO:

El caudal en el filtro de barrido y su ventilador teniendo en cuenta el aire falso estimado en un 10% debido a la falta de estanqueidad será:

$$Q = 54.000 \text{ m}^3 / h \cdot 1,1 = 60.000 \text{ m}^3 / h$$

De esta forma se estima el valor del caudal a la salida del molino en 60.000 m³/h.

Para los filtros de proceso buscaremos que el ratio aire/tela o velocidad de filtrado no sea mayor a 1 m³/m²*min, por lo que la superficie de captación mínima del filtro deberá ser 1.000m².

9. CÁLCULO DE LOS CUERPOS MOLEDORES DEL MOLINO:

Según L. B. Lewenson el grado optimo de llenado del molino debe ser tal que:



$$h = 0,16 \cdot D$$

Por tanto en nuestro caso con un diámetro de 4,2:

$$h = 0,16 \cdot 4,2 = 0,672m$$

Midiendo el área obtenida de esta manera y comparándola con el área total vemos que se trata de un 29,9096%.

Consideraremos por tanto para el presente proyecto un grado de llenado del 30%, que según lo expuesto se trata de un grado de llenado adecuado.

Para calcular la carga de bolas calculamos la superficie transversal total ocupada por las bolas y multiplicamos por la longitud útil del molino (sin contar el espacio ocupado por el blindaje).

$$0,3 \cdot (4,2 - (0,16 \cdot 2))^2 \cdot \pi / 4 = 3,547m^2$$

$$3,547 \cdot 12,75 = 45,224m^3$$

La densidad media de las bolas utilizadas para molienda es 4,55 t/m³, por tanto:

$$45,224 \cdot 4,55 = 205,770t$$

La primera cámara ocupará en torno a 30-35% de la longitud útil del molino, por tanto la distribución de las bolas será la siguiente; 62t los cuerpos moledores de la primera cámara y 144t los de la segunda.

10. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD EN EL INTERIOR DEL MOLINO:

El área de paso a través del molino será el 70% del área transversal de la virola, ya que el



otro 30% estará ocupado por la carga de bolas.

La velocidad de paso del fluido en el interior del molino dependerá entonces de la superficie libre en la segunda cámara del molino y del caudal de gases en la segunda cámara, sin tener en cuenta el aire falso, por tanto, el caudal introducido por el generador de gases.

$$Q_{sc} = 54.000m^3 / h = 15m^3 / s$$
$$v = Q_{sc} / A_{sc} = 15 / 8,276 = 1,81m / s$$

11. CÁLCULO DEL CAUDAL DE MATERIAL A LA SALIDA DEL MOLINO:

El índice de rechazos del separador relaciona el caudal de material a la entrada del separador con el caudal de producto fino obtenido, utilizaremos para este factor un valor de $A/F=2$, lo que indica que tendremos el doble de producto en alimentación que el producto final obtenido, el resto del producto será enviado como rechazos a la entrada del molino.

El caudal máximo a la salida del separador es el caudal de producto final que queremos obtener y serán 129 t/h, por tanto el caudal máximo de alimentación al separador serán 258 t/h, con esto podemos estimar 290 t/h la capacidad de diseño del aerodeslizador de salida del molino, el elevador de recirculación y el aerodeslizador de alimentación al separador.

La capacidad del aerodeslizador de retorno deberá ser igual a la del aerodeslizador de alimentación al separador menos el producto final, y en este caso tendrá un valor de 129 t/h, para diseño utilizaremos 150 t/h.

Para todos los elementos del circuito que transporten producto final la capacidad máxima serán 129 t/h y por tanto para estos equipos la capacidad de diseño a tener en cuenta serán 150 t/h.

12. CÁLCULO DE CINTAS TRANSPORTADORAS:

Se deben conocer las propiedades del material o materiales a transportar, tales como peso específico, granulometría y ángulo de sobrecarga y determinar la geometría de la cinta (longitud y desnivel o inclinación):



La Tabla 15.- Valores de aumento del tamaño de partículas. nos da los valores por los que hay que multiplicar el tamaño máximo de las partículas en función de porcentaje de gruesos y el ángulo de sobrecarga del material (β).

β	10% gruesos, 90% finos	100% gruesos
$\beta \leq 20^\circ$	3	5
$20^\circ \leq \beta < 30^\circ$	6	10

Tabla 15.- Valores de aumento del tamaño de partículas.

Tomaremos en primer lugar un valor para el ancho de banda algo superior al obtenido tras multiplicar por el valor de la tabla anterior.

Con el dato del ancho de banda, ángulo de terna (λ), generalmente 35° , y el ángulo de sobrecarga (β) para una velocidad de 1 m/s podemos conocer la capacidad de la banda Q_u entrando a través de la tabla

Ángulo de sobrecarga $\beta = 15^\circ$							
Ángulos de terna $= \lambda$							
B	0°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
500	38	74	80	87	91	95	98
650	69	133	144	156	164	172	176
800	108	208	227	244	258	269	276
1.000	173	336	365	394	415	434	445
1.200	255	494	537	580	610	638	654

Tabla 16.- Capacidad de las bandas.

La capacidad volumétrica requerida será:

$$Q_v = \frac{Q}{\rho}$$

Siendo Q el caudal de diseño que se requiere para la aplicación considerada.



Si la disposición de la banda es inclinada se aplicará un coeficiente de reducción (k) según aparece reflejado en la siguiente tabla:

INCLINACIÓN	FACTOR DE REDUCCIÓN
2	1,0
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81

Tabla 17.- Factor de reducción de capacidad por inclinación de la banda

Obtendremos la velocidad teniendo en cuenta el coeficiente de inclinación.

$$v = \frac{Q_v}{Q_{u1} \cdot k}$$

A partir de este valor seleccionaremos una velocidad normalizada lo más aproximada posible y con esta recalculamos el valor de la capacidad para esa velocidad:

$$Q_{v1} = v \cdot Q_u$$

El grado de llenado Q_v/Q_{v1} no indicará el porcentaje de llenado de la banda, si este es muy alto será necesario aumentar el ancho de banda y volver a calcular los parámetros anteriores.

13. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ACCIONAMIENTO DEL MOLINO:

Sabemos que la potencia absorbida que necesitamos es de 3.200 kW. Las pérdidas debidas a las transmisiones a través del reductor y el sistema de accionamiento piñón corona se estiman en un 8%, y por tanto necesitaremos una potencia mínima instalada de:



$$\eta = \frac{W_{\text{absorbida}}}{W_{\text{su min istrada}}}$$

$$W_{\text{su min istrada}} = 0,92 \cdot 3.200 = 3.478,26 \text{ kW}$$

El motor deberá tener por tanto una potencia superior a la indicada, elegiremos un motor de 3.600kW

14. CÁLCULO DE AERODESLIZADORES:

Pueden distinguirse dos tipos de aerodeslizadores:

- Abiertos:

Se utilizan para la fluidificación del silo y se tratarán más ampliamente en el punto “17. CÁLCULO DE LAS SOPLANTES DE FLUIDIFICACIÓN”

- Cerrados:

Se calcularán partiendo de los datos de caudal volumétrico o caudal másico. Para la transformación de caudal másico en volumétrico se toma como base la densidad del material en estado fluidificado si ha sido posible realizar los ensayos oportunos. En los casos en que no es posible realizar el ensayo se tomará como valor de cálculo el 80% del valor de la densidad del material apilado.

Los valores mínimos de inclinación se tomarán de forma que se pueda asegurar un transporte continuo del material. En las tablas siguientes aparecen una serie de datos a tener en cuenta para el diseño de los aerodeslizadores:

INCLINACIONES MÍNIMAS EN AERODESLIZADORES	
MATERIAL	INCLINACIÓN (°)
Harina de crudo y cemento normal	6
Cemento de alta finura	8
Polvo de filtro de harina y gruesos de molino	9

Tabla 18.- Inclinaciones mínimas en aerodeslizadores

DENSIDADES PARA EL TRANSPORTE POR AERODELIZADOR*	
MATERIAL	DENSIDAD (t/m ³)
Harina de crudo	0,65
Cemento normal	0,85
Cemento de alta finura	0,75

Tabla 19.- Densidades para el transporte por aerodeslizador

**Estos valores medios se toman como base de cálculo solo en el caso de no existir valores más aproximados.*

CAUDALES DE AIRE ESPECIFICOS PARA AERODESLIZADORES	
MATERIAL	CAUDAL (m ³ /min·m ²)
Harina de crudo y cemento normal	2-2,5
Cemento de alta finura	3,0
Gruesos del molino	3,0

Tabla 20.- Caudales de aire específicos para aerodeslizadores

DIFERENCIA DE PRESIÓN ESTÁTICA DE LOS VENTILADORES DE AEROS	
MATERIAL	PRESIÓN (mbar)
Harina de crudo y cemento normal	50
Cemento de alta finura	60
Gruesos del molino	60

Tabla 21.- Diferencia de presión estática de los ventiladores de aeros.

La alimentación del material se realizará por lo general a través de una resbaladera de unos 60°.

En caso de que la altura de descarga sea superior a 2 m se colocarán placas de impacto en la resbaladera que frenen la caída de material reduciendo así el desgaste en los puntos de



impacto. Se deberá prever la instalación de compensadores cada tramo de 50 o 60 m aproximadamente.

Existirán puertas de inspección separadas una distancia máxima de 15m, tras los elementos que puedan intercalarse en el sistema, tales como botes de desvío, cajas de descarga, etc., o en aquellos puntos en los que se considere necesario, por razones de seguridad en ningún caso se instalará una puerta de inspección a una distancia inferior a 0,9 m a un elemento movable.

El caudal de aire a suministrar por los aeroventiladores de fluidificación podemos obtenerlo en m³/s de la siguiente forma:

$$Q_{\text{ventilador}} = L_{\text{aero}} \cdot A_{\text{aero}} \cdot \frac{q}{60}$$

Donde:

L_{aero} : longitud del aero en m.

A_{aero} : ancho del aero en m.

q : caudal específico del aire en m³/min·m² (ver Tabla 20)

Los diámetros de las tuberías de salida del ventilador se obtendrán, teniendo en cuenta que la velocidad del aire en las tuberías de aireación debe ser de entre 15-20 m/s, de la manera siguiente:

$$S = \frac{Q_{\text{ventilador}}}{18}$$

$$D = \sqrt{\frac{\frac{Q_{\text{ventilador}}}{18} \cdot 4}{\pi}}$$

Aproximando al alza obtenemos el valor del DIN de la tubería a utilizar.

Los tamaños de los aerodeslizadores se seleccionarán en función de la cantidad de material

a transportar según la tabla siguiente:

Tamaño (ancho en mm.)	Caudal máximo de Cemento (t/h)
T-100	40
T-150	90
T-200	220
T-250	305
T-300	410
T-350	475
T-400	550
T-500	690

Tabla 22.- Caudales máximos para tamaños de aeros.

15. CÁLCULO DE FILTROS DE MANGAS:

Para el dimensionamiento de los filtros de mangas seguiremos los pasos que se detallan a continuación:

- Determinar caudal a desempolvar.
- Establecer un valor para el ratio aire-tela que indica la velocidad de filtración del filtro, para evitar apelmazamientos y disminuciones en la efectividad del filtro entre los diferentes ciclos de limpieza es conveniente elegir un valor inferior a 1,7. Para nuestros cálculos utilizaremos un ratio máximo de 1,4 asegurando de esta forma que aunque se produzcan picos con mayor concentración de polvo no se producirán atascos en los filtros.
- Determinación de la superficie de filtrado necesaria. A partir de los valores anteriores podemos conocer la superficie filtrante mínima con que deberá contar el filtro:

$$S_{FILTRADO}[m^2] = \frac{Q_{DESEMPOLVADO}[m^3/h] / 60}{RATIO[m/min]}$$

- Selección del filtro que tenga la superficie de filtrado que más se aproxime a los valores anteriormente calculados.
- Elección del material de las mangas que dependerá de la temperatura de entrada en el filtro, los valores máximos se muestran en la siguiente tabla:



MATERIAL DE LAS MANGAS DE FILTRADO	
MATERIAL	TEMPERATURA (°C)
Polipropileno	50
Acrílico	60
Poliéster	60

Tabla 23.- Materiales para mangas de filtrado.

16. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS VENTILADORES DE PROCESO:

La potencia de los ventiladores es el valor de la fuerza que ejerce el ventilador para vencer las pérdidas de carga de una instalación de ventilación y puede calcularse como:

$$P[kW] = Q \cdot \Delta P \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot 0,73$$

Q: Caudal [m³/s]

ΔP : caída de presión que soporta el filtro [mm C.A.]

η : rendimiento (0,6 aprox). Actualmente para los ventiladores de alto rendimiento el valor supera 0,8.

En el caso del ventilador del filtro de barrido del molino el ΔP se estima en 400 mm c. a., esta caída de presión se ha estimado como sigue:

EQUIPO	ΔP (mm c. a.)
Molino	200
Filtro	150
Conductos, codos y válvulas	50

Tabla 24.- ΔP ventilador barrido del molino.



En el caso del ventilador del filtro del separador el ΔP se puede estimar en 400 mm c. a., esta caída de presión se ha estimado como sigue:

EQUIPO	ΔP (mm c. a.)
Separador	200
Filtro	150
Conductos, codos y válvulas	50

Tabla 25.- ΔP ventilador del separador.

17. CÁLCULO DE ELEVADORES DE CANGILONES:

Estos equipos se utilizan para el transporte de materiales sólidos a granel, a lo largo de la instalación se localizarán siempre que sea necesario el transporte vertical del material.

DATOS COMERCIALES:

Tamaño (ancho en mm)	Caudal de producto (m ³ /h)	Volumen del cangilón (l)
315	< 75	5,7
500	< 175	13,5
630	< 290	22,1
800	< 395	28
1000	< 625	60

Tabla 26.- Tipos de elevadores de cangilones

• PESOS DE BANDAS PARA ELEVADORES:

Tamaño de elevador	Ancho de banda (m ³ /h)	Peso de la banda (kg/m)
315	360	9,4
500	500	12,6
630	680	15,6
800	850	19,5



1000

1150

26

Tabla 27.- Características de las bandas de elevadores

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Longitud de la banda:

$$L_b = \pi \cdot D + 2 \cdot H$$

- D: diámetro tambor motriz.
- H: distancia entre ejes.

Caudal másico: es un dato conocido, la **capacidad de transporte** expresada en T/h. En el caso de que lo que tengamos sea un tipo de elevador y un grado de llenado fijado, calcularíamos este valor a partir del caudal volumétrico.

$$Q_T = Q_m \cdot \gamma \quad [T/h]$$

- γ : peso específico $[T/m^3]$

Caudal volumétrico: podemos definirlo como la capacidad de transporte expresada en volumen transportado por unidad de tiempo. A partir del caudal másico lo obtenemos como:

$$Q_m = \frac{Q_T}{\gamma} \quad [m^3/h]$$

Para un tipo de elevador determinado, si fijamos el valor del grado de llenado podremos obtener la **capacidad de transporte del elevador** desde el caudal volumétrico a partir de la siguiente fórmula. Es necesario realizar el cambio de unidades oportuno; para poder obtener el caudal en m^3/h introduciendo los valores de las variables en las unidades indicadas la fórmula a utilizar será:

$$Q_m = 3,6 \times \frac{c[l] \cdot v[m/s] \cdot \alpha}{e[m]} \quad [m^3/h]$$

- c: volumen del cangilón
- v: velocidad de la banda. Se recomienda 1,37m/s ó 1,54m/s; la velocidad de mantenimiento será 0,15 m/s



Capacidad de transporte real del cangilón:

$$P = c \cdot \gamma \cdot \alpha \quad [Kg]$$

Nº de cangilones que descargan por hora: se calculará como el caudal expresado en kg/h dividido entre la capacidad real del cangilón.

$$N^o = \frac{Q_T \times 1000}{P}$$

Paso entre cangilones: distancia entre los cangilones

$$e = \frac{v[m/s] \times 3600}{N^o} \quad [m]$$

Número de cangilones:

$$N_g = \frac{L_b}{e}$$

Grado de llenado: si tenemos como dato de partida la capacidad de transporte requerida (Q_m) podremos determinar el grado de llenado de los cangilones. Un grado de llenado aceptable para un correcto funcionamiento del elevador estará en torno al 75%.

$$Q_m [m^3 / h] = \frac{c \cdot v}{e} \cdot 3,6 \cdot \alpha = C_T \cdot \alpha$$

C_T : Capacidad teórica. Es la capacidad que tendría el elevador funcionando al 100% de carga, puede calcularse como el número de cangilones que descargan por hora por la capacidad del cangilón

$$Q_T [T / h] = Q_m \cdot \gamma \rightarrow Q_T = C_T \cdot \alpha \cdot \gamma$$

Con $C_T = \frac{c \cdot v}{e} \cdot 3,6$ podemos calcular el grado de llenado:



$$\alpha = \frac{Q_T}{C_T \cdot \gamma}$$

Para obtener el grado de llenado en tanto por ciento multiplicaremos el resultado anterior por 100.

Cargas por metro.

- Ramal de carga: tiene en cuenta las cargas por metro producidas por la banda, los cangilones y el material transportado.

$$q_1 = \text{Banda} + \text{Cangilón} + \text{Material} = q_2 + \frac{Q_T}{v} \quad [\text{Kg} / \text{m}]$$

* Pasar el caudal a Kg/s

- Ramal de retorno: en el ramal de retorno los cangilones están vacíos por lo que no es necesario tener en cuenta las cargas debidas al material.

$$q_2 = \text{Banda} + \text{Cangilón} = P_{\text{banda}} + \frac{P_{\text{cangilón}}}{e} \quad [\text{Kg} / \text{m}]$$

P_{banda} : peso de la banda por unidad de longitud [Kg/m]

- Elevador en vacío: cargas por metro de elevador cuando éste está funcionando sin carga. Se deben tener en cuenta ambos ramales.

$$q_3 = 2 \cdot q_2$$

Tensiones.

FUERZAS DE ROZAMIENTO.

Consideramos el coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor: $\mu=0,27$

- Rozamiento en el ramal de retorno:

$$R_l = \mu \cdot q_2 \cdot H$$



- Rozamiento en vacío:

$$R_v = \mu \cdot q_3 \cdot H$$

- Rozamiento en carga: no tiene en cuenta el peso de la banda ni de los cangilones.

$$R_g = \mu \cdot \frac{Q_T}{v} \cdot H$$

* Pasar el caudal a Kg/s.

TENSIONES.

- Tensión en carga:

$$T_g = \frac{Q_T \cdot H}{v}$$

* Pasar el caudal a Kg/s.

- Tensión de drenaje:

$$T_d = 1,3 \cdot Q_T$$

- Tensión efectiva:

$$T_f = R_v + R_g + T_g + T_d$$

Potencias.

- En el tambor motriz:

$$N_a = \frac{T_f \cdot v}{75} \quad [CV]$$

* Un caballo de vapor (CV) es la potencia necesaria para elevar verticalmente una masa de 75 Kg a la velocidad de 1 m/s.



* 1 CV= 735,49875W, por tanto para pasar el resultado anterior a KW multiplicaremos por 0,73549875.

- En el eje motor.

$$N_m = \frac{N_a}{\eta}$$

η : rendimiento del reductor. Según indiquen las especificaciones del catálogo (normalmente $\eta=0,9/0,94$).

A partir de este dato elegimos el motor comercial de potencia superior consultando los catálogos.

Par motor.

El par motor se calculará a partir de la potencia del eje motor usando como dato la velocidad de giro del motor que será 1450 r.p.m. Para sustituir la potencia en CV directamente es necesario introducir un factor de conversión.

$$M_m = \frac{N_m \times 716,2}{1450} \quad [Kg \cdot m]$$

Velocidad del eje motriz.

$$n_T = \frac{v[m/s] \cdot 60}{\pi \cdot D[m]} \quad [rpm]$$

Relación de transmisión.

Definimos la relación de transmisión como la relación existente entre la velocidad de giro del motor del accionamiento y la velocidad de giro del eje motriz.

$$i = \frac{1450}{n_T}$$

Par motor nominal.

La potencia nominal del motor (que debe ser superior a la calculada como necesaria en el eje del motor) debe ser igual al par motor nominal por la velocidad de giro del motor (n_m).



$$N_n = M_m \cdot n_m \rightarrow M_n = \frac{N_n}{n_m}$$

$$M_n [N_w \cdot m] = \frac{N_n [kW] \cdot 10^3}{n_m [rpm] \cdot \frac{2\pi}{60}}$$

$$M_n [kg \cdot m] = \frac{N_n [kW]}{n_m \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{\frac{2\pi}{60} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{N_n}{n_m}$$

$$M_n = \frac{975 \cdot N_n}{1450}$$

Par motor de arranque:

$$M_{\max} = M_n \cdot 2,6$$

Par nominal tambor motriz:

$$M_T = \frac{N_n \cdot 975}{n_T}$$

Elección motor-reductor.

- Potencia del motor de accionamiento: debe ser la potencia nominal de entre las de los motores comerciales inmediatamente superior a la potencia calculada en el eje motor.

$$N_n > N_m$$

- Potencia del reductor: la obtenemos a partir de la potencia real del accionamiento aplicando un coeficiente de 1,5.

$$N_r = 1,5 \cdot N_n$$

- Acoplamiento dentado reductor-máquina: para elegir el acoplamiento tenemos que conocer el diámetro del eje. En el catálogo de tecnotrans habrá que comprobar que el par torsor del accionamiento elegido sea mayor que el que se calcula a continuación.

$$M_r = \frac{9550 \cdot N_r}{n_T}$$

- Motor de mantenimiento: debe ser la potencia nominal de entre las de los motores comerciales inmediatamente superior a la potencia calculada para el grupo de mantenimiento.

$$N_m' > N'$$

Grupo de mantenimiento.

Para los cálculos de este apartado consideraremos una velocidad de mantenimiento de 0,15 m/s.

- Capacidad de mantenimiento: capacidad teórica calculada para la velocidad de mantenimiento.
 - Caudal volumétrico:

$$Q_m' = 3,6 \cdot \frac{c[l] \cdot v_m[m/s] \cdot \alpha}{e[m]} \quad [m^3/h]$$

- Caudal másico:

$$Q_T' = Q_m' \cdot \gamma$$

- Fuerza tangencial:

$$F_t = \underbrace{\frac{H}{e} \cdot \frac{c \cdot \gamma \cdot \alpha}{100}}_{\text{CANGILÓN}} + \underbrace{\left[0,005 \cdot \left[(19 \cdot H) + \frac{H}{e} \cdot \left(\frac{c \cdot \gamma \cdot \alpha}{100} + P_{\text{Cangilón}} \right) \right] \right]}_{\text{BANDA + CANGILÓN}} + \underbrace{1,4 \cdot Q_T'}_{\text{CAP. DE DISEÑO}}$$

- Potencia del grupo de mantenimiento:

$$F = F_t - 1,4 \cdot (Q_T - Q_T')$$



$$N' = \frac{F_t \cdot v_m}{75} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{F_t \cdot 0,15}{75} \cdot \frac{1}{0,8} \quad [CV]$$

* Para pasar esta potencia a kW debemos multiplicar por 0,736.

El motor de mantenimiento deberá proporcionar una potencia nominal superior a la aquí calculada.

- Velocidad del eje motriz en el grupo de mantenimiento:

$$n_T' = \frac{v_m \cdot 60}{\pi \cdot D}$$

Eje motriz.

- Peso total:

$$P_T = \underbrace{q_1 \cdot H}_{\text{RAMAL CARGA}} + \underbrace{q_2 \cdot H}_{\text{RAMAL RETORNO}} + \underbrace{1500}_{\text{PESO DEL TAMBOR}}$$

- Momento torsor:

$$M_t = \frac{N_a}{n_T} = \frac{N_a [CV] \cdot 736}{n_T [rpm] \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 9,81}$$

$$M_t = \frac{71620 \cdot N_a [CV]}{n_T} \quad [kg \cdot cm]$$

- Momento flector:

$$M_f = P_T \times \delta$$

δ: distancia de la fuerza al apoyo, varía en función del diseño del eje.

- Momento:



$$M_i = \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$$

- Diámetro:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_i}{0,1 \cdot 600}} \quad [cm]$$

Eje tensor.

- Diámetro a flexión:

$$\sigma = \frac{M_f \cdot \frac{d}{2}}{I}$$

El momento de inercia respecto del eje transversal es: $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

$$\sigma = \frac{M_f \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} = \frac{32 \cdot M_f}{\pi \cdot d^3} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_f}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{M_f}{\frac{\pi}{32} \cdot \sigma}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_f}{0,1 \cdot \sigma}}$$

El material recomendado para la fabricación de los ejes será acero con un valor de σ del acero 600MPa, la fórmula nos queda

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_f}{60}}$$

Las fuerzas que provocan el momento flector en este caso son las debidas al peso del tambor y los contrapesos, ya que el eje tensor está situado en la parte baja del elevador.

$$M_f = (P_{\text{tambor}} + P_{\text{contrapesos}}) \cdot \delta$$

- Momento torsor.



El momento de inercia polar es: $I_0 = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$

$$\sigma = \frac{M_t \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi \cdot d^4}{32}} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d^3} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi} \cdot \frac{M_t}{\sigma}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{5,1 \cdot M_t}{\sigma}}$$

Para un valor de la σ del acero 600MPa:

$$d = \sqrt[3]{\frac{5,1 \cdot M_t}{600}}$$

18. CÁLCULO DE LAS SOPLANTES DE FLUIDIFICACIÓN:

La fluidización o fluidificación convierte un lecho de partículas sólidas en una masa suspendida y expandida que posee comportamiento y propiedades muy similares a los de un líquido. Esta masa tiene un ángulo de reposo igual a cero, busca su propio nivel y adopta la forma del recipiente que la contiene. Debido a las dificultades que se presentan a la hora de manejar el cemento en polvo será necesario diseñar un sistema de fluidificación del silo que facilite su manipulación.

A la hora de fluidificar un lecho se debe determinar el rango de fluidización del mismo, definido como el cociente entre la velocidad mínima de fluidización y la velocidad de elutriación o arrastre. Este factor dependerá del tipo de silo que se pretende fluidificar y representa los m/min de aire requerido por unidad de superficie a fluidificar. A continuación se puede ver una indicación con los valores del factor en función del tipo de silo.

TIPO DE SILO	RANGO DE FLUIDIFICACIÓN (α)
Fondo cónico	0,9

Fondo plano	Anillo exterior	1,1
	Anillo interior	1,3

Tabla 28.- Rangos de fluidificación

Se debe calcular entonces el caudal necesario a suministrar para la correcta fluidificación del material.

$$Q[m^3 / \text{min}] = L_{aeros}[m] \cdot Ancho_{aero}[m] \cdot \alpha$$

El sistema debe contar con las soplantes necesarias para la correcta fluidificación y un sistema de tuberías y válvulas. En este caso se contará con tres soplantes, una para la fluidificación de los sectores exteriores, otra para la fluidificación de los sectores internos y la tercera conectada en paralelo con las anteriores y manteniéndose en reserva para su uso en caso de fallo de alguna de las anteriores.

Se deben regular las válvulas en función del sector al que fluidifican. Está contraindicada la fluidificación del material dentro del silo si no se procede al mismo tiempo con la operación de extracción de material, en caso de proceder a la extracción del material debe buscarse guiar el material hasta el centro del silo, donde se encuentran los sistemas de descarga, es por esto que en servicio normal y con el silo lleno la regulación correcta de la distribución del aire de fluidificación es la siguiente:

- Apertura máxima de válvulas en sectores exteriores
- Apertura intermedia de válvulas en sectores intermedios
- Apertura pequeña de válvulas en sectores interiores

El fondo del silo se equipa con aerodeslizadores abiertos, estos disponen sólo de una cámara inferior y la cubierta de lona para inyectar el aire directamente en el interior del silo; cuentan con boca de entrada de aire para inyectar aire desde la soplante. Generalmente el ancho de este tipo de aerodeslizadores es de 200 mm.

Generalmente el fondo de silo se encuentra dividido en anillos, y estos a su vez se dividen en sectores; esto deberá tenerse en cuenta a la hora de realizar el cálculo ya que se fluidificará un solo sector en cada momento.



Los silos con sistemas de fluidificación deberán contar con un sistema de filtrado que limpie el aire de partículas antes de que este sea expulsado al exterior, en estos casos se utilizarán filtros con fondo abierto alojados en el techo del silo siempre que la disposición de la instalación lo permita.

Se equiparán también con una válvula de seguridad presión/depresión que evite sobrepresiones en el interior del silo que podrían comprometer la integridad de la instalación.

19. ELECCIÓN DEL SEPARADOR.

El ratio de recirculación nos indica la relación entre el material alimentado al separador y la producción de finos, tomaremos un valor de dicho ratio de 2, lo que indica que la carga circulante en el circuito será el doble de la producción de finos.

La mayor producción del circuito de da con el cemento MC 5 y son 129 t/h, por tanto la alimentación al separador será el doble, esto es 258 t/h, con este dato en el catalogo de Sturtevant seleccionaremos el separador más adecuado.

20. DISEÑO DEL SILO DE ALMACENAMIENTO.

En el punto 2.5.3. Almacenamiento de Cemento de la “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento” aparecen como sistemas actuales para el almacenamiento de cemento los silos de celda única con cono central e inyección de aire comprimido para el sistema de descarga, a este tipo de silos pertenece el que se pretende instalar en el presente proyecto. Para justificar de una manera más exhaustiva la elección de un silo cilíndrico de hormigón como medio para el almacenamiento se ha redactado el siguiente artículo.

Silos verticales de hormigón armado.

Se trata de elementos industriales destinados al almacenamiento temporal de materiales a granel. La incertidumbre de las fuerzas externas que actúan en la estructura a la hora de realizar un diseño adecuado y los fallos que han sufrido algunos silos a lo largo de los años hacen que sea necesario conseguir que la estructura elegida pueda asegurarnos la mayor seguridad, teniendo en cuenta que se trata de instalaciones con una vida útil larga y un



elevado porcentaje de horas en uso. Los silos circulares de hormigón reforzado han resultado ser más convenientes frente a los silos metálicos en presencia de estos factores. La mayoría de problemas ocasionados en los silos se han observado en silos metálicos, siendo la más común el pandeo de la pared del silo. Para mantener un funcionamiento adecuado es buena práctica el uso de estructuras confiables, y esto es lo que representa el silo de hormigón armado en la actualidad.

El silo es una estructura de madera, ladrillo, acero u hormigón, horizontales o verticales y con gran volumen interior que sirve para almacenar material granular o pulverulento.

La conveniencia del uso de sistemas de almacenamiento verticales frente a otro tipo de sistemas con disposición horizontal se justifica por la gran dificultad que se presenta a la hora de asegurar un sellado hermético en este tipo de almacenamientos. Al ser el cemento, un material con elevada pulverulencia, este es un punto crítico desde el punto de vista medio ambiental, para asegurar la vida útil de los equipos adyacentes, así como para la seguridad y salud de los trabajadores de la instalación, ya que en sistemas horizontales la descarga suele realizarse de forma manual desde el interior de la nave mediante el uso de palas, mientras que en los silos verticales el personal de la instalación no se encuentra en ningún momento en contacto directo con el cemento. Un sistema que asegure un sellado hermético es la mejor opción y esto se consigue eligiendo silos verticales como sistema de almacenamiento.

Son varias de las necesidades que se satisfacen mediante el uso de silos, la necesidad de almacenar grandes cantidades de material así como que el material almacenado en los silos se mantenga protegido de daños que pudiera causarle la exposición a la atmósfera.

El silo vertical optimiza el uso del terreno para su colocación mediante el almacenamiento vertical, facilitando que el área circundante se pueda aprovechar para otros usos consiguiendo grandes capacidades de almacenamiento utilizando pequeñas superficies de terreno reduciendo la necesidad de expansión de la planta.

Es muy frecuente que se construyan silos circulares típicamente más altos que anchos, ya que de esta manera se optimiza el material de construcción (el círculo es la figura geométrica con mayor razón área/perímetro).

El silo es una estructura herméticamente cerrada al aire y agua, a fin de proteger el material. Es preferible que sus paredes sean lisas y verticales para obtener un mejor acomodo del



material almacenado, también deben ser lo suficientemente fuertes para resistir las presiones y las fuerzas a las que será sometido.

Un silo, como cualquier estructura, está sometido a una gran variedad de esfuerzos, desde el peso propio de la estructura has fuerzas ejercidas por eventos naturales entre otras. Estas fuerzas se transmiten a la estructura por medio de esfuerzos internos en las paredes y demás componentes estructurales. Existen geometrías que son adecuadas para desarrollar los esfuerzos necesarios para proveer seguridad estructural en silos. Por esto hace falta el uso de un material adecuado y una forma geométrica que permita soportar los esfuerzos generados.

En relación al comportamiento del material en el interior del silo, es necesario identificar el modo en que las fuerzas y presiones se desarrollan en las paredes del silo. Estas presiones son el principal parámetro de diseño de los silos, y son: la presión vertical, presión lateral y fuerza de fricción en la pared. Las presiones se ven afectadas por varios factores, en especial cuando el material almacenado está en movimiento durante el llenado y el vaciado, las presiones en estas situaciones no siguen un patrón definido y esto debe tenerse en cuenta durante el diseño.

La ventaja de la forma cilíndrica de los silos se explica de la siguiente manera: En estos silos se desarrollan esfuerzos membranales en toda la estructura por el hecho de que la estructura es una cáscara de revolución. En los puntos de transición como la conexión del cilindro y el cono y la conexión con el techo es de esperar que se produzcan concentraciones de esfuerzos flexionales. Cuando las estructuras desarrollan esfuerzos membranales se está optimizando la sección porque todas las fibras del material están siendo esforzadas.

La ventaja del uso de hormigón armado en la construcción de silos de gran capacidad se encuentra en la posibilidad de resistir esfuerzos de flexión. La sección de la pared del silo es capaz de desarrollar los esfuerzos necesarios para resistir los momentos flectores y esfuerzos cortantes que se generen. Los silos metálicos debido a que se componen de placas relativamente finas, necesitan ayuda externa (anillos rígidos) para resistir los mismos esfuerzos. Pero aún teniendo estos anillos, condiciones especiales de las presiones del material almacenado producen esfuerzos que pandean la pared. La sección del silo de hormigón reforzado combina la capacidad del acero para resistir cortante y tensión con la capacidad del hormigón para compresión y el espesor de la sección para resistir la flexión.

Otra ventaja que tiene el hormigón reforzado es en cuanto a la corrosión. A medida que los



silos envejecen, los componentes estructurales se debilitan y deterioran. La exposición al medio ambiente, los ácidos producidos por el material almacenado y fatiga debido a la carga y descarga del material, entre otras, contribuyen al acelerado deterioro del silo. En el caso de hormigón reforzado el acero es protegido por la cobertura de hormigón, esto no es así en silos metálicos.

La falla más común en general es pandeo y esta situación no se ha detectado en silos de hormigón reforzado, esto es así gracias al espesor de la pared y a la geometría que previenen este tipo de falla.

En general los silos metálicos son más comunes que los silos de hormigón reforzado. Esto es así debido a que la construcción de silos metálicos es más económica. Pero por económico se debe recalcar, sobre todo debido a que el silo es una estructura industrial, que el costo de construcción no contribuye el 100% de los gastos de la instalación. Deberán considerarse además los gastos de mantenimiento y considerar la vida útil de la estructura. Lo que indica que lo económico en la construcción no representa una ventaja del silo metálico sobre el de hormigón reforzado. Esto es respaldado porque los silos metálicos son más propensos a fallas durante su vida útil.

En el momento de decidir qué tipo de estructura escoger se debe pensar en seguridad, eficiencia y economía a lo largo de su vida útil. El silo circular de hormigón reforzado, además de ser una estructura racional para construir, ha resultado ser mejor estructura que los silos metálicos.

Diseño dimensional.

Para el caso que nos ocupa el almacenamiento de cemento se ha estimado de forma que se asegure una capacidad de almacenamiento suficiente para garantizar el despacho de cemento a granel a plena carga durante al menos 47 horas, para ello teniendo en cuenta que se estima que la extracción total del silo será un 95% del volumen almacenado, será necesaria una capacidad de almacenamiento de 6.000 m³. Con esto se consigue que durante las operaciones de mantenimiento de la zona de molienda o en caso de existir problemas con el suministro de materias primas no tengan que interrumpirse las operaciones de expedición de cemento.

La opción más adecuada para cubrir las necesidades de almacenamiento descritas es la



instalación de un silo de 6.000t, esta se considera la mejor opción ya que de esta manera el coste de instalación se reduce con respecto al que se obtendría con la instalación de un mayor número de silos. Las dimensiones de este silo debe ser entonces de 14 x 40,4m para la cámara de almacenamiento de manera que se guarde una proporción adecuada entre dichas dimensiones que minimice el efecto de las cargas en el interior del silo, la altura total de los silos incluyendo el sistema de extracción y las losas será de 51 m.

El silo proyectado tiene un volumen interior de unos 6.200 m³, a lo que hay que restar la capacidad correspondiente al último metro del silo, ya que es aquí donde los indicadores de nivel comenzarán a dar la señal de “silo lleno” y la parte relativa al interior del cono (excepto la correspondiente a la cámara interna) que serán unos 65m³, el volumen de almacenamiento efectivo del silo será entonces de 6.000 m³. Los silos suelen tener una altura más importante que el diámetro, porque eso abarata el proyecto: menos terreno necesario, menos encofrado, etc.... La altura necesaria bajo la cámara de almacenamiento para el pasaje de camión y el montaje de los equipos de carga, incluyendo la elevación de la báscula de pesaje es de alrededor de 9 m, mas 1 m de espesor medio de una losa de fondo para esta capacidad de 6.000 m³, lo que deja 19 m de altura útil para el almacenamiento. Con la capacidad deseada, eso conduce a un radio interior del silo de 7m. A eso se debe añadir el espesor de las paredes del silo. El silo, por tanto, tendrá unas dimensiones totales de 14,7 m de diámetro y 51 m de altura.

PLIEGO DE CONDICIONES



1. OBJETIVO DEL PLIEGO.

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, que será de aplicación en el presente proyecto, constituye el conjunto de instrucciones, normas y especificaciones que juntamente con las establecidas en los planos del Proyecto define todos los requisitos técnicos y generales de las obras que son objeto del mismo.

En general se ha procedido a definir lo más exhaustivamente posible los conceptos que cada unidad de obra comprende.

Se pretende con el presente pliego establecer las condiciones que ha de cumplir la maquinaria a instalar en la planta de molienda, asimismo se establecen las condiciones de fabricación y puesta en obra, así como las normativas legales para la ejecución de las obras contempladas en el presente documento.

Es importante puntualizar que las características técnicas de los equipos de proceso que ya han sido dimensionadas en capítulo de cálculos de la molienda y no se volverán a exponer en este apartado.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN.

Las instrucciones del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se aplicarán a todas las obras necesarias que se definen en el *Proyecto de instalación de una planta de molienda de cemento*.

Además de los especificados del presente Pliego, serán de aplicación las disposiciones, normas y reglamentos, cuyas prescripciones, en cuanto puedan afectar a las obras objeto de este Pliego, quedan incorporadas a él formando parte integrante del mismo. En caso de discrepancia entre algunas de estas normas, se adoptará la decisión del Ingeniero Director de la Obra.

3. NORMATIVA.

Serán de aplicación de modo explícito las siguientes normas y disposiciones:

- Instrucciones del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (Normas UNE).



- Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Normas MV del Ministerio de la Vivienda.
- Ley de industria.
- Pliego de Prescripciones Técnicas para la recepción de cementos (RC-97).
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE.
- Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado EHPRE-72. Orden Ministerial del 5 de Mayo de 1972.
- Instrucción Eduardo Torroja, para estructura de acero I.E.M.-62.
- Recomendaciones Internacionales Unificadas para el Cálculo y la Ejecución de las Obras de Hormigón Armado (C.E.B.).
- PG-3. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión e instrucciones técnicas complementarias. REAL DECRETO 223/2008
- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones reglamentarias. Decreto 842/2002 de 2 de Agosto.
- Recomendaciones y normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O.).

Normas relativas a la industria del cemento

- **ORDEN PRE/3796/2006**, de 11 de diciembre, por la que se modifican las referencias a normas UNE que figuran en el anexo al Real Decreto 1313/1988, de 28 de octubre, por el que se declara obligatoria la homologación de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados.
- **REAL DECRETO 1370/2006**, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero
- **RC - 2003**. Instrucción para la Recepción de Cementos. Incluye Actualización por Corrección de errores de 13/03/2004
- **RC - 97**. Instrucción para la Recepción de Cementos



- **Orden PRE/1954/2004**, de 22 de junio, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos (nonilfenol, etoxilados de nonilfenol y cemento).
- **Plan nacional de asignación de derechos de emisión**, 2005-2007. Incluye Actualización por Corrección de errores de 08/09/2004
- **Real Decreto 60/2005** de modificación del Plan nacional de asignación de derechos de emisión, 2005-2007
- **Ley 1/2005**, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero
- **Real Decreto 1315/2005**, de 4 de noviembre. Bases de los sistemas de seguimiento y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero en las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 1/2005.
- **Real Decreto 202/2006**, de 17 de febrero, por el que se regula la composición y funcionamiento de las mesas de diálogo social, previstas en el artículo 14 de la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- **Real Decreto 605/2006**, de 19 de mayo, por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al marcado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento.
- **Guía de Mejores Técnicas Disponibles** en España de fabricación de cemento.

Normas de cálculo estructural.

- **CTE “Código técnico de la edificación”**
- **NEB-EA-95 “Estructuras de acero en edificación”**
- **EHE “Instrucción española de hormigón estructural”**



- **Norma UNE-EN 1990, Bases de Cálculo de Estructuras**, transposición de la norma europea EN 1990.
- **Norma de construcción sismorresistente NCSE-02.**
- Para el cálculo de los silos de cemento y las tolvas, se aplica la norma **DIN 1055 hoja 6.**

Las presentes especificaciones se complementan en todo caso por las prescripciones normativas contenidas en los siguientes documentos:

- **UNE-EN 14610:2006:** " Soldeo y procesos afines. Definiciones de los procesos de soldeo para metales."
- **UNE-EN ISO 544:2004:**" Consumibles para soldeo. Condiciones técnicas de suministro para materiales de aportación para soldeo. Tipos de producto, medidas, tolerancias y marcado (ISO 544:2003)".
- **UNE-EN ISO 2560:2006:** "Consumibles para soldeo. Electrodo recubiertos para el soldeo manual al arco de aceros no aleados y de grano fino. Clasificación (ISO 2560:2002)"
- **UNE 14044:2002:** "Uniones soldadas de las estructuras metálicas. Inspección durante su ejecución y montaje"
- **UNE-EN 1435:1998:** "Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen radiográfico de uniones soldadas"
- **UNE-EN 1290:1998:** "Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen de uniones soldadas mediante partículas magnéticas."
- **UNE 14612:1980:** "Práctica recomendada para el examen de las uniones soldadas mediante la utilización de líquidos penetrantes."
- **UNE-EN 1714:1998:** "Examen no destructivo de soldaduras. Examen ultrasónico de uniones soldadas."



Si alguna de las Prescripciones o Normas a las que se refieren los párrafos anteriores coincidieran de modo distinto en algún concepto, se entenderá como válida la más restrictiva.



4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Las omisiones en los Planos y Pliego de Condiciones o descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean indispensables para lograr el objetivo propuesto en los citados documentos, no sólo no eximirán al Contratista de la obligación de ejecutar los trabajos omitidos o erróneamente descritos, sino que, al contrario, deberán ser ejecutados como si hubiesen estado completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Condiciones. En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último; en cualquier caso, las directrices del ingeniero Director de obra serán de obligado cumplimiento.

4.2. AUTORIDAD DEL INGENIERO DIRECTOR

La figura del Ingeniero Director estará encarnada por una persona capaz de interpretar y hacer ejecutar correctamente el contenido del proyecto.

El Ingeniero Director de las obras resolverá cualquier cuestión que surja referente a la calidad de los materiales empleados en las diferentes unidades de obra contratadas, interpretación de planos y especificaciones y, en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos referentes al presente proyecto

4.3. SUBCONTRATOS

Ninguna parte de las obras podrá ser subcontratada sin consentimiento previo del Ingeniero Director.

Las solicitudes para ceder cualquier parte del contrato deberán formularse por escrito y acompañarse con un documento que acredite que la organización que ha de encargarse de los trabajos que han de ser objeto de subcontrato está particularmente capacitada y equipada para su ejecución. La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual.



5. GENERALIDADES.

Todos los materiales y equipos serán nuevos y vendrán provistos de su correspondiente certificado de calidad, para las características y condiciones de utilización.

El manejo de la instalación y pruebas de todos los materiales y equipos se efectuarán en estricto acuerdo con las normas legales y recomendaciones dadas por el fabricante.

Los materiales y equipos defectuosos o que resulten averiados en el curso de las pruebas, serán sustituidos o reparados de forma satisfactoria para la Dirección de Obra.

6. DESARROLLO DE LAS OBRAS

Los planos de construcción para la ejecución de las distintas obras serán los facilitados por la Propiedad como parte del proyecto de construcción. El Contratista no podrá realizar ninguna variación sobre dichos planos, sin autorización expresa de la Propiedad, pudiendo ser obligado a demoler aquellas partes de obra que se hubieran realizado en disconformidad a los planos.

Los planos serán entregados con una antelación mínima de dos semanas respecto de la fecha prevista para la ejecución de las correspondientes obras; en su caso, para partes concretas o limitadas de las obras, podrán ser sustituidos por esquemas o croquis suficientemente definitorios de las obras a realizar.

El Contratista deberá asegurar, durante toda la duración de la obra, la guardería de las instalaciones, obras y materiales.

Terminadas las obras, se procederá a la recepción provisional de las mismas, que podrá realizarse de modo global o por cada uno de los dos lotes principales.

Durante la recepción, se procederá a visitar las obras o partes de las mismas, anotando las deficiencias que deban subsanarse y dándose al Contratista un plazo prudencial para efectuar dichas correcciones. Transcurrido ese plazo la Propiedad se reserva el derecho de efectuarlas por su cuenta, deduciendo al Contratista, en la devolución de las retenciones, los importes de las citadas correcciones.



La recepción provisional tendrá por efecto la entrega de las obras a la Propiedad para iniciar en las mismas los montajes mecánicos de la instalación. Terminados dichos montajes, se podrá proceder a la recepción definitiva, durante la cual se reseñarán las posibles incidencias producidas durante el montaje mecánico por discrepancias con la estructura, y se tomarán las medidas económicas correspondientes, en su caso.

El plazo de garantía de las obras, operativo a efectos de la devolución de la retención sobre las certificaciones, se fija en seis meses a partir de la puesta en marcha de las instalaciones, con independencia de las responsabilidades generales del Contratista señaladas en el Código Civil.

A) Generalidades sobre materiales e inspecciones

Proveedores.

El Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección de Obra para su aceptación por ésta, las fábricas a las que se proponga pedir los materiales y justificará por las marcas y contratos realizados con ellas la procedencia de estos materiales.

Deberán entregar a la Dirección de Obra, si ésta lo considera conveniente, copia de los encargos de materiales que vaya a emplear. Estas copias reproducirán exacta y exclusivamente las condiciones relativas a la calidad, dimensiones, buena ejecución y plazo de entrega de los materiales.

El contratista podrá organizar los trabajos en la forma que estime conveniente, pero tendrá la obligación de presentar, por anticipado, al Ingeniero Director de la obra un programa detallado de los mismos, en el que justifique el cumplimiento de los plazos previstos.

Inspección de las fábricas en el taller y a pie de obra.

El Contratista recabará de las distintas fábricas de donde provengan los materiales, la autorización necesaria para que los agentes de la Dirección de Obra puedan inspeccionar en aquéllas la fabricación de los mismos.

Estos agentes podrán ordenar allí la realización de los ensayos o pruebas que consideren necesarias y rehusar las piezas que juzguen defectuosas desde el punto de vista de su calidad, fabricación o dimensiones.



Además deberá dar el constructor libre entrada en sus talleres a los agentes de la Dirección de Obra, los que podrán ordenar a expensas del Contratista y a través del mismo la realización de las pruebas, ensayos y comprobaciones necesarias para asegurarse de que las cláusulas de las presentes Especificaciones estén bien cumplidas, tanto bajo el aspecto de la buena calidad y resistencia de los materiales, como bajo el de la buena ejecución del trabajo.

Los ensayos y comprobaciones anteriores, así como la presencia de los agentes de la Dirección de Obra, no podrá alegarse como descargo de ninguna de las obligaciones impuestas, pudiéndose hasta después del montaje, desechar las piezas que fuesen reconocidas defectuosas desde el punto de vista del trabajo o de la calidad.

B) Proyecto de ejecución y modificaciones durante el curso de la obra

Las obras se llevarán a cabo de conformidad con los Planos y Pliego de Condiciones del Proyecto. El Contratista preparará los planos de taller para la construcción.

Los planos de taller contendrán en forma completa:

- Las dimensiones necesarias para definir inequívocamente todos los elementos de las estructuras.
- Las contraflechas de ejecución.
- La disposición de las uniones.
- Las dimensiones de los cordones de soldadura y su orden de ejecución, así como indicaciones sobre el método de soldeo y materiales de aportación a utilizar.
- Las calidades y diámetros de los posibles tornillos a emplear.
- Los empalmes que por limitaciones de laminación o de transporte sea necesario establecer.

Antes de comenzar la ejecución de las obras, el Contratista someterá a la aprobación de la Dirección de Obra los planos de taller. La Dirección de Obra podrá introducir en ellos las modificaciones o correcciones que estime convenientes.

Análogamente, el Contratista deberá elaborar una propuesta detallada de montaje, que tenga en cuenta las prescripciones del Proyecto y en la que se detallen las contraflechas de fabricación y montaje que deben considerarse en la fabricación. Dicha propuesta deberá ser aprobada, en todos sus extremos, por la Dirección Facultativa, antes de autorizarse su realización.



Obligaciones del Contratista.

Serán de cuenta del Contratista:

- La comprobación en obra de las cotas de replanteo de la obra civil o construcciones ligadas a la estructura metálica para asegurar la exactitud de las que figuren en los planos del Proyecto.
- El suministro de todos los materiales necesarios para la ejecución de la obra.
- Los gastos de ensayo de los materiales de todas clases y los de ejecución de taller de las estructuras metálicas.
- La carga en taller, transporte, descarga y almacenaje a pie de obra de los elementos terminados.
- El montaje definitivo en obra y su colocación sobre los aparatos de apoyo.
- Los gastos de realización de las correspondientes pruebas de carga que pudieran ser requeridas antes de la puesta en servicio según el programa e instrucciones de la Dirección Facultativa.

Comprobación de las cotas de las obras de apoyo.

Tratándose de una estructura a colocar sobre bases de apoyo de hormigón realizadas por otros, el Contratista, bajo su responsabilidad, comprobará todas las cotas de aquéllas antes de comenzar el trabajo de taller, para definir exactamente las holguras que se han conseguido en la ejecución de la obra civil y eventualmente poder actuar en consecuencia en la elaboración de los planos de taller.

Serían de cuenta del Contratista los retoques, recrecimientos, recortes y modificaciones que fueran precisos en las obras de apoyo para recibir las estructuras.

C) Condiciones de ejecución en taller

- Plantillaje
- Preparación
- Corte
- Armado en Taller
- Marcas de identificación
- Empalmes
- Uniones soldadas



C.1. Plantillaje.

Se trazarán las plantillas de todos los elementos basándose en los planos de taller. Cada plantilla llevará la marca de identificación del elemento a que corresponde y los números de los planos de taller en que se define

Antes de proceder al trazado se comprobará que los distintos planos y perfiles presentan la forma exacta, recta o curva deseada y que están exentos de torceduras.

C.2. Preparación.

En cada uno de los productos laminados se procederá:

- Eliminar aquellos defectos de laminación que, por su pequeña importancia no hayan sido objeto de rechazo.
- Suprimir las marcas de laminación en relieve en aquellas zonas que hayan de entrar en contacto con otro producto en las uniones de la estructura.
- Limpiar en seco todas las impurezas que lleve adheridas, no es necesario eliminar en la preparación la cascarilla de laminación fuertemente adherida.

C.3. Corte.

Podrán realizarse con sierra, máquina de oxicorte o plasma. Quedan terminantemente prohibidos otros procedimientos de corte, a no ser que sean expresamente aprobados por la Dirección de Obra.

El borde obtenido deberá ser regular, debiéndose eliminar con fresas, cepillo o piedra esmeril, las irregularidades que se produzcan. No es necesaria esta eliminación en los bordes que hayan de ser fundidos en operaciones subsiguientes de soldeo.

Para las preparaciones de bordes destinados a constituir una unión soldada, se tendrá en cuenta las indicaciones de los planos del proyecto.

C.4. Armado en taller.

Para el armado en taller, las piezas se fijarán entre sí, o a gálibos de armado, mediante medios adecuados que aseguren, sin una coacción excesiva, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente.



Se permite emplear como medio de fijación, puntos de soldadura, depositados entre los bordes de las piezas a unir. El número y tamaño de estos puntos de soldadura será el mínimo suficiente para asegurar la inmovilidad.

Estos puntos de soldadura podrán englobarse en la soldadura definitiva si están perfectamente limpios de escoria y no presentan fisuras u otros defectos. Se prohíbe la práctica viciosa de fijar las piezas a los gálibos de armado con puntos de soldadura.

Al armar, se comprobará que la disposición y dimensiones del elemento, se ajustan a las señaladas en los planos de taller. Se rectificarán o reharán todas las piezas que no permitan el acoplamiento mutuo, sin forzarlas, en la posición relativa que hayan de tener una vez efectuadas las uniones definitivas.

Podrá preparar en su propio taller todas las barras o partes de la estructura que sean susceptibles de un fácil transporte, dando en este caso las máximas facilidades para que, dentro de su factoría se pueda realizar la labor de inspección que compete al Ingeniero Director. Todas las operaciones de enderezado de perfiles o chapas ser realizarán en frío

C.5. Marcas de identificación.

En cada una de las piezas preparadas en el taller se pondrá la marca de identificación con que ha sido designada en los planos de taller para el armado de los distintos elementos.

Asimismo cada uno de los elementos terminados en el taller llevará la marca de identificación prevista en los planos para determinar su posición relativa en el conjunto de la obra.

Estas marcas se realizarán con pintura y no con punzón.

C.6. Empalmes

No se admitirán otros distintos, ni en posición distinta, de los indicados en los planos de proyecto, o en los de taller aprobados por la Dirección de Obra.

Como normas generales se tendrán presentes las siguientes:

- No se admitirá ninguna clase de empalmes en barras de longitud inferior a los nueve metros (9 m.).



- Salvo aprobación expresa de la Dirección Facultativa, no se admitirán empalmes en obra, en barras o elementos de longitud inferior a catorce metros (14 m.), debiendo ser efectuados estos empalmes, si fueran necesarios, en taller.
 - No se realizarán nunca en la zona de nudos, a este efecto se considera como zona de nudos la situada a una distancia menor de cincuenta centímetros (50 cm.)
 - Salvo indicación expresa de lo contrario de los planos de Proyecto, no coincidirán nunca en la misma sección transversal los empalmes de dos o más de los perfiles o chapas que forman la barra. La distancia entre los empalmes de dos perfiles o chapas será, como mínimo de veinticinco centímetros (25 cm.)
 - Los empalmes se efectuarán a tope y nunca a solape. Salvo expresa indicación en los planos de Proyecto, queda prohibido el uso de los cubrejuntas. La preparación de bordes será la indicada en los Planos. Cuando, por imposibilidad de acceso a la parte dorsal, sea necesario efectuar la soldadura por un solo lado del perfil, se dispondrá una pletina de recogida de raíz a fin de asegurar siempre una penetración lo más perfecta posible.
 - Cuando se hayan de efectuar empalmes entre dos piezas de distinto espesor, el extremo de la que lo tenga mayor se tallará, en todos los casos en que ello sea necesario, con pendiente no superior a 1:4, a fin de conseguir una transición suave en las dimensiones de la sección.
 - No se tolerarán en los empalmes, sobreespesores del cordón superiores al diez por ciento (10 por 100) del espesor de la pieza que lo tenga menor entre las unidades. El sobreespesor deberá eliminarse con piedra esmeril cuando la pieza empalmada haya de entrar en contacto con otra pieza de la estructura.
- En empalmes con soldaduras simétricas se realizará el burilado de raíz antes del depósito del primer cordón dorsal

C.7. Uniones soldadas.

Juntamente con los planos de taller, el Contratista deberá preparar un programa de soldadura que abarcará los siguientes puntos:

- 1.- Cordones a ejecutar en taller y en obra.
- 2.- Orden de ejecución de las distintas uniones y precauciones a adoptar para reducir al mínimo las deformaciones y las tensiones residuales.



- 3.- Procedimiento homologado de soldeo elegido para cada cordón, con breve justificación de las razones de procedimiento propuesto.
- Para la soldadura manual se indicarán: la clase y diámetro de los electrodos, el voltaje y la intensidad, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, la polaridad y las posiciones de soldeo para las que está aconsejado cada tipo de electrodos.
- Para la soldadura con arco sumergido se indicarán: el tipo y marca de la máquina, la calidad y diámetro del hilo, la calidad y el granulado del polvo, voltaje e intensidad.
- Para la soldadura en atmósfera de gas inerte se indicarán: el tipo y marca de la máquina, la calidad y el diámetro del hilo, la naturaleza del gas a utilizar, voltaje e intensidad.
- 4.- Orden de ejecución de cada cordón y de las capas sucesivas si las hubiese.
- Orden de ejecución de los distintos cordones de cada nudo.
- Se tendrá muy en cuenta para ello los principios de máxima libertad, de máxima simetría y de máxima disipación de calor.

Las dimensiones de los cordones se ajustarán a las previstas con las siguientes tolerancias en su espesor de garganta.

- 0, + 20% para cordones con espesor inferior a 10 m/m.
- 0, + 10% para cordones con espesor superior a 10 m/m.

Antes del soldeo se limpiarán los bordes del corte, eliminando cuidadosamente toda la cascarilla, herrumbre o suciedad y, muy especialmente, las manchas de grasa o pintura.

Las partes a soldar deberán estar bien secas. Los electrodos cuyo recubrimiento sea especialmente higroscópico (los básicos entre otros) deberán ser introducidos en estufa o armario secador, siguiendo las instrucciones del suministrador y conservados en ellas hasta el momento de su empleo. En general en la manipulación y almacenamiento de electrodos se seguirán estrictamente las instrucciones que tenga establecidas el fabricante.

Se tomarán las debidas precauciones para proteger los trabajos de soldeo contra el viento, la lluvia y especialmente contra el frío. Se suspenderá el trabajo cuando la temperatura baje de 0 °C



Después de ejecutar cada cordón elemental y antes de depositar el siguiente, se limpiará su superficie con piqueta y cepillo de alambre, eliminando todo rastro de escorias.

En todas las soldaduras se asegurará la penetración completa, incluso en la zona de raíz; en todas las soldaduras manuales a tope deberá levantarse la raíz por el revés, recogiénola, por lo menos, con un nuevo cordón de cierre; cuando ello no sea posible, porque la raíz sea inaccesible, se adoptarán las medidas oportunas (chapa dorsal, guía de cobre acanalado, etc.) para conseguir un depósito de metal sano en todo el espesor de la costura.

La superficie de soldadura presentará un aspecto regular, acusando una perfecta fusión del material y sin muestras de mordeduras, poros, discontinuidades o faltas de material.

Se tomarán las medidas necesarias para evitar los cráteres finales y las proyecciones de gotas de metal fundido sobre la superficie de las barras.

Cuando haya de rehacerse una soldadura se eliminará con arco - aire.

En el taller debe procurarse que el depósito de los cordones se efectúe, siempre que sea posible, en posición horizontal. Con este fin, se utilizarán los dispositivos de volteo que sean necesarios para poder orientar las piezas en la posición más conveniente para la ejecución de las distintas costuras sin provocar en ellas, no obstante, solicitaciones excesivas que puedan dañar la débil resistencia de las primeras capas depositadas.

D) Control de ejecución de las uniones soldadas

- Ensayos previos a la soldadura
- Ensayos posteriores a las soldaduras

D.1. Ensayos previos a la soldadura.

Antes de proceder a soldar se prepararán los procedimientos de homologación de las soldaduras si éstos no existieran.



Dichos procedimientos serán realizados según código AWS. D1. 1 y se hará uno por cada tipo de soldeo que se tenga que efectuar y siempre que varíe alguna de las variables esenciales descritas en dicho código.

Todas las soldaduras serán efectuadas por soldadores homologados.

D.2. Ensayos posteriores a las soldaduras.

- 1.- Tipos de soldaduras
- 2.- Control visual
- 3.- Líquidos penetrantes
- 4.- Radiografías
- 5.- Ultrasonidos
- 6.- Programa de Puntos de Inspección (P.P.I.)

D.2.1. Tipos de soldaduras

Las prescripciones que siguen se entenderán generales para todas las estructuras metálicas y calderería, complementándose en su caso con indicaciones específicas que puedan hacerse en los planos del Proyecto o en documento específico de control de algunas partes singulares.

Se distinguen las soldaduras denominadas "de fuerza", que son las sometidas a solicitaciones principales, y cuya relación enunciativa (no limitativa) es la siguiente:

Estructuras

- Empalmes a tope de perfiles laminados por necesidad de obtener piezas de longitudes superiores a las normales de fabricación.
- Uniones de almas de perfiles laminados correspondientes a la estructura principal de plantas.
- Uniones a tope o por intermedio de cartelas de los nudos correspondientes a una palizada o pórtico triangulado de arriostramiento en un plano vertical.



- Uniones a tope o por intermedio de cartelas de los nudos correspondientes a montantes y diagonales de vigas de celosía.
- Uniones a tope o por intermedio de cartelas de los nudos correspondientes a un arriostramiento de planta con piso de rejilla.
- Cordones de ángulo para cartelas de bases de pilares

Calderería

- Empalmes a tope de chapas planas o curvas de virolas de conductos, tanto en costuras horizontales como verticales.
- Uniones entre rigidizadores y cartelas de apoyo en bases sobre paredes de conductos de chapa.

Las restantes soldaduras se considerarán en general como "de acoplamiento", no estando sometidas a solicitudes principales. Su relación orientativa, no limitativa, es la siguiente:

- Cordones longitudinales, de ranura o de ángulo, para formación de secciones compuestas por varios perfiles laminados y/o chapas (cajones de UPN, perfiles IPN apareados, etc.).
- Cordones de ángulo para unión de almas de perfiles secundarios y correas de plantas.
- Cordones de ángulo para unión de rigidizadores de paredes de conductos.
- Unión de chapas estriadas de piso a las correas.

D.2.2. Control visual

La totalidad de las soldaduras catalogadas como de fuerza será objeto de una inspección visual para detectar defectos superficiales tales como cráteres producidos por el cebado y corte del arco en los extremos de la soldadura, mordeduras de borde, desbordamiento o solapes, picaduras, etc. Antes de la inspección las superficies deberán ser limpiadas cuidadosamente empleando un cepillo de cerdas rígidas (otro tipo de herramientas pueden ocultar pequeñas grietas).

La inspección visual incluirá una comprobación en las uniones en rincón que verifique que sus catetos, gargantas, convexidad y/o concavidad cumplen las especificaciones aplicables, se comprobará también en las uniones en ranura que el ancho y sobreespesor



son los admisibles, y en los empalmes a tope que el sobreespesor no supera los límites admitidos.

Se procederá a marcar las zonas a reparar con claridad, empleando medios que no se borren fácilmente, y utilizando marcadores de varios colores para identificar fácilmente el tipo de reparación a efectuar.

D.2.3. Líquidos penetrantes

Todas las soldaduras de nudo en uniones principales de vigas o entramados de celosía que soporten grandes cargas (silos, tolvas, ciclones, filtros, etc.) serán inspeccionadas al cien por cien mediante líquidos penetrantes, para verificar la ausencia de defectos subsuperficiales, especialmente de grietas e inclusiones.

Se inspeccionarán con el mismo método el cien por cien de la longitud de todas las pasadas de raíz en soldaduras de penetración completa.

D.2.4. Radiografías

Se inspeccionarán por radiografía o gammagrafía todas las uniones principales, y como mínimo las siguientes:

- 100% de los empalmes a tope de perfiles principales de vigas, pilares y elementos de arriostramiento primarios.
- 20% de las uniones verticales a tope con penetración total entre virolas de conductos.
- 5% de las uniones horizontales a tope con penetración total entre virolas superpuestas de conductos.
- 20% de las uniones de ángulo con penetración total de cartelas de bases de pilares.
- 100% de las uniones de ángulo con penetración total de elementos concurrentes en nudo de estructuras trianguladas principales, soporte de grandes cargas (según lo indicado en el punto anterior).

Las soldaduras inspeccionadas se calificarán de acuerdo con los criterios establecidos en la UNE 14011, consultando como referencia el álbum de radiografías de defecto tipo editado por el Instituto Internacional de la Soldadura.



Las soldaduras de gran responsabilidad, correspondientes a uniones fundamentales de fuerza, deberán obtener calificación 1, admitiéndose la 2 únicamente con el consentimiento expreso y razonado de la Dirección Facultativa.

Las soldaduras de importancia intermedia, a juicio de la Dirección Facultativa, podrán calificarse como 1 o 2, admitiéndose el 3 únicamente con el consentimiento expreso y razonado de la Dirección Facultativa.

D.2.5. Ultrasonidos

Se inspeccionarán con esta técnica únicamente aquellas uniones principales en que estuviera prescrita inspección radiográfica y ésta no resulte posible por imposibilidad de acceso en la unión o por tratarse de uniones de penetración parcial.

D.2.6. Programa de puntos de inspección (PPI)

A la vista de las directrices anteriores y de las particulares que puedan establecerse para aspectos especiales del Proyecto por la Dirección Facultativa del Proyecto, el Contratista elaborará el correspondiente programa de puntos de inspección, en el que se desarrollará, punto por punto, la relación completa de inspecciones a realizar, la especificación del tipo de contrato en cada caso y de las decisiones a que obligue el desarrollo del control. Estas decisiones pueden definir puntos de parada, en los cuales no puede continuarse la fabricación o el montaje hasta tanto no se haya producido la correspondiente inspección con resultado positivo, o puntos de simple inspección que, no exigen el aviso previo a la Dirección Facultativa ni la autorización de ésta para continuar el trabajo.

La propuesta de PPI deberá ser elaborada por el Contratista antes del inicio de la fabricación, remitiéndose a la Dirección Facultativa para su conocimiento y aprobación. Posteriormente, el PPI irá siendo cumplimentado por el Contratista, incorporando las fichas y partes de ensayos, quedando en todo momento a disposición de la Dirección Facultativa.

E) Transporte y montaje

Recepción provisional en taller.



Independientemente de la recepción provisional del conjunto de la obra, prevista en estas Especificaciones, todos los subconjuntos de las estructuras preparados en el taller se someterán a una recepción provisional en el taller del constructor, donde serán objeto de los montajes provisionales que se soliciten por la Dirección de la Obra para comprobar la perfección de las futuras uniones de obra. Esta recepción deberá referirse a la conformidad de la ejecución con los planos y a la regularidad de la construcción.

Transporte

La expedición de las piezas o parte de las piezas desde los talleres de construcción a la obra, no podrá hacerse sino después de la comprobación por los agentes de la Dirección de Obra en que estas piezas o partes de piezas puedan ser recibidas.

Todos los transportes de materiales y herramientas desde los talleres de construcción a la obra, serán de cuenta del Contratista.

Montaje en obra.

El Contratista no obstante las orientaciones que pueda contener el Proyecto sobre los sistemas de montaje previstos, quedará en libertad de proponer los medios que según las circunstancias del momento juzgue más convenientes para el montaje de los tramos. Deberá por ello, poner en conocimiento de la Dirección de Obra el sistema propuesto con antelación suficiente, para su aprobación.

Los obreros empleados en el montaje serán todos de reconocida cualificación en su oficio. Especialmente los soldadores estarán calificados y deberán ser de 1ª o 2ª categoría, no admitiéndose más que los de 1ª categoría para la ejecución de soldaduras en techo.

El Contratista será responsable de todas las operaciones de montaje y de sus defectos. Deberá estar en continua relación con la persona encargada de la Dirección de la Obra para vigilar estas operaciones.

A fin de asegurar la continuidad de los trabajos y facilitar la resolución de cualquier dificultad imprevista el Contratista deberá mantener constantemente a pie de obra un representante suyo, provisto de plenos poderes y aceptado por la Dirección de Obra. Este representante deberá acreditar suficiente experiencia en obras similares, fundamentalmente de construcción de estructuras metálicas con soldaduras.



F) Pintura en estructuras metálicas

- Sistema a aplicar
- Control de calidad
- Criterios de aceptación y rechazo
- Duración y garantía
- Medición y abono

La pintura de la estructura constituye un capítulo clave para el mantenimiento de la obra, por lo que las especificaciones que siguen serán exigidas con todo rigor, de manera que se asegure una vida útil de al menos 15 años para el sistema de protección previsto.

F.1. Sistema a aplicar.

Fase en Taller

Fase en obra

F.1.1. Fase en taller.

Preparación de superficies

Imprimación

Preparación de superficies

Una vez premontados los elementos se procederá a eliminar con cincel las proyecciones de soldaduras y hojas de laminación, así como las costras gruesas de óxido que hubiera. En todo caso, antes de cada mano se procederá a la limpieza y raspado de la superficie a pintar

Posteriormente se limpiarán con detergentes o disolventes volátiles las manchas de grasa si las hay.

A continuación se procederá a chorrear las superficies hasta el grado "casi Metal Blanco", según la Norma SSPC-SP-10 con referencia a las visuales Sa 2 1/2 de la SIS 05 59 00.

La rugosidad obtenida deberá estar entre 50 y 100 micras.



Imprimación

Inmediatamente después del chorreado, aplicar capa general a base de Shop Primer Alkil Silicato 3ª Generación, con un espesor de película seca de 22 micras.

Después, se aplicará una Mano intermedia a base de Epoxi Poliamida, con un espesor de película seca de 150 micras.

F.2.2. Fase de Obra

- Sistema de repasos y reparaciones
- Daños mecánicos
- Daños por quemaduras y otros
- Mano de acabado

Sistema de repasos y reparaciones

En las zonas de difícil acceso con la pistola, se realizarán repasos a brocha hasta conseguir alcanzar el espesor especificado (cantos, groeras, alas, bulbos, etc.).

El sistema aplicado en todas las estructuras debe tener el mismo comportamiento y prestaciones.

Daños mecánicos

Las zonas en las que se haya dañado el sistema, pero sin llegar al acero, se repasarán por medios mecánicos las superficies mediante cepillos rotativos provistos de lijas o lijado a mano para daños superficiales, procediendo a aplicar a continuación la capa o capas necesarias para recomponer el sistema.

Daños producidos por quemaduras y otros daños que lleguen al acero

Se repararán, mediante rotativos neumáticos o eléctricos provistos con cepillos y lijas, hasta dejar las superficies limpias según la Norma ISO-8501 al grado St-3 o mediante chorreado al grado Sa 2 1/2 con equipos de chorro controlado, tipo Vacumblast o Miniplast



con boquillas de tamaño apropiado para poder efectuar de reparación de estas zonas pero no dañar el sistema en las zonas próximas.

a) Limpieza de superficies: Se limpiarán las superficies de residuos de humos provocados por las soldaduras.

b) Recomposición: Se procederá a recomponer el sistema de pintura, mediante el método más apropiado (según la superficie de daños), pistola o brocha hasta alcanzar el espesor especificado.

Mano de acabado

Aplicación de dos manos generales a base de Poliuretano alifático, con un espesor de película de 40 micras por capa.

F.2. Control de calidad.

1. Procedimiento del suministrador
2. Características de los productos
3. Preparación de superficies
4. Aplicación de las pinturas
5. Preparación de probetas
6. Fabricantes de pinturas
7. Instrumentos de medición y control

F.2.1. Procedimiento del Suministrador.

El suministrador presentará un Procedimiento de Pintura donde se recojan las circunstancias de aplicación y sus propios criterios de aceptación y rechazo.

F.2.2. Características de los Productos.



El suministrador facilitará, incluidas en su Procedimiento, las Hojas de Características Técnicas de los Productos comerciales que vaya a aplicar.

F.2.3. Preparación de las superficies.

Las abrasivas aceptables son, la arena de sílice y la granalla de acero.

Antes de proceder al chorreado, como se ha indicado, se eliminarán con cincel las proyecciones de soldadura, las hojas de laminación y las costras gruesas de óxido.

También se eliminarán las manchas de grasa con disolventes volátiles, de acuerdo con la Norma SSPC-SP-1.

El suministrador dispondrá, en la Campa de Chorreado, en correcto uso, al menos de:

- . Termómetro de ambiente.
- . Termómetro de contacto.
- . Higrómetro o Psicrómetro.
- . Visuales Sa 2 1/2 de la SIS 05 59 00.

Si se utiliza arena de sílice, estará exenta de arcilla, humedad o cualesquiera materias extrañas, y su granulometría estará comprendida entre los tamices de 12 y 40 mallas de ASTM, es decir, entre 1,68 y 0,42 mm., respectivamente.

No se utilizará la arena más que una vez.

No se podrá chorrear si:

- . La humedad relativa es superior al 85%.
- . La condensación es inminente, esto es, si la temperatura superficial del acero no supera, al menos, en 3°C la temperatura del punto de rocío para las demás condiciones ambientales.
- . Hay superficies, ya pintadas, tan próximas que pudieran deteriorarse con los rebotes del abrasivo, o el polvo.
- . No hay suficiente luz.



- . El equipo de chorreado no está con sus respectivos filtros de agua y aceite, correctamente purgados.
- . Lluve o se teme vaya a llover en las próximas cuatro horas, si se trabaja a la intemperie.

La rugosidad obtenida con la arena estará del orden de 40 micras y la de la granalla sobre 100 micras. En ambos casos, los espesores solicitados se refieren a los eficaces, sobre crestas, de acuerdo con las instrucciones de SSPC-PA-2.

Tras el chorreado se soplará con aire limpio a presión, o, preferiblemente, se aspirará toda la superficie, hasta eliminar el polvo y los demás residuos.

Si se siguen observando proyecciones de soldadura, hojas de laminación o cualquier defecto en la obtención del grado de limpieza Sa 2 1/2 solicitado, se subsanarán los defectos y se volverá a repetir el proceso en las zonas afectadas.

Se comprobará, también la ausencia de contaminantes.

F.2.4. Aplicación de las Pinturas.

En la Campa de Pintura, preferiblemente, alejada de la del chorro, se dispondrá de los termómetros e higrómetros, debidamente contrastados, igualmente.

La imprimación de epoxi - poliamida con fosfato de zinc de 50 micras se aplicará tan pronto sea posible, y siempre antes de que la superficie se empiece a oxidar de nuevo.

Cada pintura se aplicará con los medios indicados por el fabricante, equipos de proyección o brocha, en su caso, con la adición de disolventes recomendados por el mismo, en función de las circunstancias ambientales.

El espesor solicitado para cada capa ha de ser el especificado como mínimo, sin que pueda pasarse a la siguiente mano hasta conseguirlo en la anterior.

Cada mano de pintura ha de curar en las condiciones y circunstancias recomendadas por el fabricante; en especial se respetarán los plazos de curado de la mano intermedia, antes de aplicar la de acabado.



Antes de aplicar cada mano, y, en particular la de acabado, se deberá comprobar que la anterior está perfectamente limpia de polvo, grasas o cualquier otro contaminante.

No se podrá pintar si:

- . La humedad relativa supera los límites fijados por el fabricante de la pintura.
- . La temperatura de la superficie o del ambiente está fuera de los límites fijados por el fabricante.
- . La condensación es inminente, es decir, si la temperatura superficial no supera, al menos, en 3°C la temperatura del punto de rocío para las demás condiciones ambientales.
- . Llueve o se prevé lluvia en las próximas horas.
- . Hay demasiado viento.
- . No hay suficiente luz.
- . La mezcla de los componentes de la pintura ha superado su período de vida útil, según las instrucciones del fabricante.

Las reparaciones de las zonas soldadas se realizarán lo más rápidamente que sea posible, para evitar aparezcan inicios de oxidación; si no se pudiera hacer de inmediato, habrán de limpiarse hasta el grado inicial, incluso volviendo a chorrear.

F.2.5. Preparación de Probetas.

Con el fin de poder realizar pruebas de adherencia, sin dañar las superficies, el suministrador preparará un mínimo de seis probetas del mismo material base, con unas dimensiones aproximadas de 150 x 75 x 3 mm., que serán tratadas simultáneamente y en las mismas circunstancias que el resto de la obra, con el sistema de protección completo.

F.2.6. Fabricantes de Pinturas.

Al realizar su procedimiento, el suministrador propondrá los productos comerciales concretos que se van a usar en la obra. Estos, preferiblemente, serán de uno de los siguientes fabricantes:

- . AMERCOAT
- . CARBOLINE



- . HEMPEL
- . INTERNATIONAL
- . SIGMA COATINGS

F.2.7. Instrumentos de Medición y Control.

Para la eficaz realización del Control de Calidad, el aplicador ha de disponer, al menos, de los siguientes instrumentos:

- . Termómetro de ambiente.
- . Termómetro de contacto.
- . Higrómetro.
- . Visual de comparación Sa 2 1/2 SIS 05 59 00.
- . Medidor de espesores en húmedo.
- . Medidor de espesores en seco.
- . Medidor de adherencia.
- . Medidor de continuidad.
- . Rugosímetro.

F.3. Criterios de aceptación y rechazo.

- Preparación de superficies
- Espesor eficaz
- Imprimación
- Adherencia

- Preparación de las superficies.

El aspecto ha de ser, como mínimo, el de las visuales Sa 2 1/2 de SIS 05 59 00, es decir, que, en cualquier cuadrado de 25 x 25 cm. que se elija, sólo se permitirá un máximo del 5% de puntos oscuros, rastros de oxidación o líneas profundas.

- Espesores eficaces de película seca.

Los espesores reales, sobre crestas de perfil de chorro, se medirán, según la SSPC-PA-2, descontando la influencia de la rugosidad y las manos anteriores, cuando las hubiera.

-Imprimación:

Solicitado: 22 micras



Mínimo: 20 micras

Máximo: 40 micras

-Mano Intermedia:

Solicitado: 150 micras

Mínimo: 100 micras

Máximo: 300 micras

Acabado:

Solicitado: 40 micras

Mínimo: 35 micras

Máximo: 100 micras

- Adherencia del sistema completo.

Método A (X-cut) de ASTM d 3359

Deseable, 5A

Mínimo, 4A

Diámetro Adhesión Tester ELCOMETER

Deseable, por encima de 40 Kp/cm².

Mínimo, 30 Kp /cm².

En todos los casos, los valores extremos sólo se admitirán en un máximo del 20% de los puntos medios.

F.4. Duración y garantía.

El sistema de protección superficial especificado tiene una duración prevista de QUINCE (15) años en las condiciones ambientales de la zona, al término de los cuales, los deterioros que afecten a la capa completa de la pintura no deberán superar el 1% de la superficie.

Al aplicador se le exigirá una Garantía expresa de DOS (2) años a partir de la fecha de recepción definitiva de la obra, con el sistema completo.



Esta Garantía se extiende, aún cuando el suministrador omitiera recogerlo expresamente en su oferta, a la totalidad de la superficie, incluyendo, especialmente, aristas y zonas soldadas, en taller u obra.

La Garantía será con referencia al grado Re 0 de la Escala Europea de Grados de Corrosión SIS 18 51 11, o al nº 10 de la SSPC Guide to Vis 2, es decir, con deterioros nulos (0%).

De la Garantía sólo pueden excluirse los daños causados por fuerza mayor o por terceros, pero no los achacables a la calidad de las pinturas o a su aplicación.

En el citado plazo de DOS años, no se permitirá la aparición de defectos de esta índole, como, cuarteado, enyesado, formación de ampollas, desconchados o corrosión, según las Normas INTA 16 02 71 a 76A.

Si antes de agotarse el Plazo de Garantía se detectara algunos de los defectos citados o cualesquiera otros que hagan suponer una mala ejecución de los trabajos iniciales, en cualquier punto, se indicará al aplicador proceda a arreglarlos a la mayor brevedad posible.

La omisión por parte del aplicador de la verificación y corrección, en su caso, de los defectos, prolongará la vigencia de la Garantía hasta la terminación satisfactoria de la reparación, bien por el aplicador, bien por terceros y a su costa.

En las zonas reparadas, se volverá a empezar a contar el plazo de DOS años, a partir de la terminación de los trabajos de reparación.

G) Obras complementarias e imprevistos.-

El Contratista queda obligado a ejecutar las obras complementarias que resulten necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación, aunque las mismas no estén detalladas en el Proyecto.

Así, deberá ejecutar las obras imprevistas que pudiesen resultar procedente realizar durante el desarrollo de los trabajos.

La ejecución de las unidades de obra que no estuviesen definidas en el Proyecto se ajustará a las directrices y órdenes del Director de la Obra.



7. CONTROL

El Contratista deberá implantar en obra un sistema de Control de Calidad tanto geométrica como de materiales, cuyas normas básicas deberá presentar a la Dirección Facultativa antes del inicio de las obras.

Para el control geométrico, el Contratista deberá tener en obra, de forma permanente, un topógrafo capaz de realizar el replanteo preciso y la nivelación de las distintas construcciones.

El Control de Calidad de los materiales se realizará a nivel Normal, siguiendo las especificaciones de la EHE-99. El programa de Control, que especifique detalladamente el número de tomas de probetas, la localización e intervalo de las mismas, deberá ser elaborado por el Contratista y aprobado por la Dirección Facultativa. Para su puesta en práctica, el Contratista deberá recabar los servicios de un Laboratorio homologado, debiendo transmitir a la Propiedad todos los resultados de los ensayos realizados.

El coste del control de Calidad debe ser incluido por el Contratista en sus precios unitarios, ya que no se abonará ninguna cantidad específica por este concepto. Únicamente en caso de que la Propiedad, en toda la obra o en alguna unidad concreta, decidiera aumentar el nivel de control, se abonaría el exceso de ensayos sobre el correspondiente al nivel Normal.

8. OBRAS POR ADMINISTRACION

El contrato de obras se establece bajo la fórmula de precios unitarios de unidades de obra, aplicados a las mediciones reales obtenidas en obra, constando en el contrato la descripción de todas las unidades de obra que se prevé puedan intervenir en la ejecución.

En caso de que aparecieran unidades nuevas, se establecerán precios contradictorios, acordados entre la Propiedad y el Contratista con el arbitraje de la Dirección Facultativa, tomando siempre como referencia las unidades similares existentes en el contrato.

Únicamente en casos especiales, y previa notificación y conformidad de la Propiedad, podrán realizarse algunos trabajos por administración, facturándose las horas reales de personal y maquinaria, conformadas mediante partes diarios presentados por el



Contratista y autorizados por la Propiedad, y los volúmenes de materiales auxiliares utilizados en su caso.

En este sentido, los contratistas deberán remitir con su oferta, debidamente cumplimentada, la relación que figura adjunta a esta documentación, con valoración de los costes horarios de las distintas categorías de personal, del coste de los materiales y de la maquinaria y medios auxiliares. Dichos precios llevarán incluida la parte proporcional de gastos generales (englobando las instalaciones de obra, gastos de Administración y gastos de personal hasta el nivel de encargado y jefe de obra) y el beneficio de contrata, por lo que serán los de abono último sin porcentaje alguno adicional.

9. PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA INSTALACIÓN.

9.1. OBJETO.

Este documento tiene por objeto definir las condiciones mínimas que deberán cumplir las instalaciones para su recepción e incluye los ensayos que se consideran necesarios para comprobar estas condiciones.

9.2. RELACIÓN DE LOS ENSAYOS DE RECEPCIÓN.

El objeto de los ensayos de recepción es el de comprobar que las instalaciones están de acuerdo con los servicios contratados y que se ajustan globalmente y en cada uno de los elementos a lo especificado en el proyecto.

Aunque alguno de los ensayos se refiera exclusivamente a algún elemento parcial de la instalación, debe comprenderse que se trata de una recepción total del conjunto de la instalación.

Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo a las especificaciones del proyecto y con las modificaciones que hayan sido aprobadas por la Dirección durante la ejecución de las obras, y que la instalación haya sido previamente equilibrada y puesta a punto por el instalador, para lo cual se recomienda que previamente se haya realizado una limpieza de las mismas.



9.3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS Y ENSAYOS.

Deberán haberse realizado todas las pruebas parciales de todos los elementos que haya indicado la Dirección Facultativa para rechazar los elementos que no reúnan las condiciones específicas o que se consideren defectuosas.

Terminada la instalación será sometida en su conjunto a las pruebas que a continuación se indican, sin perjuicio de aquellas que solicite la Dirección Facultativa.

Todas las modificaciones, reparaciones y sustituciones necesarias hasta que estas pruebas sean satisfactorias serán por cuenta del Contratista.

El Contratista está obligado a suministrar todo el equipo necesario para la realización de las pruebas.

A todas las pruebas que se realicen podrá asistir un representante de la Dirección Facultativa, el cual dará fe de los resultados.

9.4. CONDICIONES PREVIAS A LA REALIZACIÓN DE LAS RECEPCIONES PROVISIONALES DE LAS INSTALACIONES.

Para la realización de las pruebas finales que permitan recepcionar provisionalmente las instalaciones deberán concurrir las siguientes condiciones previas:

- Corrección de todas las anomalías denunciadas en las órdenes de obra.
- Comprobación propia del Contratista de todas las instalaciones.
- Confirmación del Jefe de Obra de la posibilidad de ejecución de las pruebas finales.
- Terminación de todos los puntos expresados en las órdenes dadas en obra por la Dirección Facultativa que puedan presentar problemas de mantenimiento.
- En general, terminado todo lo especificado en el proyecto y contrato, así como las ampliaciones autorizadas y que estén dentro del plazo previamente especificado.
- Para la recepción definitiva, el instalador previamente tendrá que realizar una serie de pruebas parciales o definitivas, en las cuales es necesaria la presencia de la Dirección Facultativa.



- Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento, así datos de la apuesta a punto de la instalación.
- El instalador deberá prever los equipos y elementos necesarios para la comprobación total de la instalación.

10. RECEPCIÓN DE LA INSTALACION.

10.1. RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Una vez realizadas las pruebas finales con resultados satisfactorios para el Director de Obra, se procederá al acto de recepción provisional de la instalación. Con este acto se dará por finalizado el montaje de la instalación; debiendo entregar la empresa instaladora al Director de Obra la documentación siguiente;

- Una Copia de los Planos de la Instalación realmente ejecutada, en la que figuren, como mínimo,
- Una Memoria Descriptiva de la Instalación realmente ejecutada, en la que se incluyan las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una Relación de los Materiales y los Equipos empleados, en la que se indique el fabricante, la marca, el modelo y las características de funcionamiento, junto con catálogos y con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- Los Manuales con las Instrucciones de Manejo, funcionamiento y mantenimiento, junto con la lista de repuestos recomendados y resultados de pruebas realizadas.

El Director de Obra entregará los mencionados documentos, una vez comprobado su contenido y firmado el certificado de recepción provisional, al Titular de la instalación, quién lo presentará a registro en el Organismo Territorial competente. Una vez realizado el acto de recepción provisional, la responsabilidad de la conducción y mantenimiento de la instalación se transmite íntegramente a la propiedad, sin perjuicio de las responsabilidades contractuales que en concepto de garantía hayan sido pactadas y obliguen a la empresa instaladora.

En cuanto a la documentación de la instalación se estará además a lo dispuesto en la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y disposiciones que la desarrollan.



10.2. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Transcurrido el plazo contractual de garantía, que será de dos años si en el contrato no se estipula otro de mayor duración, la recepción provisional se transformará en recepción definitiva, salvo que por parte del titular haya sido cursada alguna reclamación antes de finalizar el periodo de garantía.

Si durante el periodo de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, éstos deberán ser subsanados gratuitamente por la empresa instaladora, salvo que se demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o uso incorrecto de la instalación.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



1. ANTECEDENTES

1.3. SITUACIÓN

El objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es definir las técnicas de prevención a utilizar durante la realización de las obras de construcción para el proyecto de instalación de una planta de molienda en Yeles.

Se pretende con esto asegurar la prevención de todos los riesgos que indudablemente se producen en cualquier proceso laboral y está encaminado a proteger la integridad de las personas y los bienes, indicando y recomendando los medios y métodos que habrán de emplearse, así como las secuencias de los procesos laborales adecuados en cada trabajo específico, buscando que con la colaboración de todas las personas que intervienen en los trabajos pueda lograrse un riesgo nulo durante el desarrollo de los mismos.

1.4. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras e instalaciones del Proyecto se ha estimado en 17 meses.

1.5. NÚMERO MÁXIMO DE TRABAJADORES CONCURRENTES

Teniendo en cuenta la tipología de la obra, el plazo de ejecución y las características de la obra, se ha estimado en 30 el número máximo de trabajadores concurrentes en las obras.

1.6. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

Con periodicidad mensual, la Constructora realizará la valoración de las partidas que en materia de seguridad se hubiesen realizado en la obra; la valoración se hará conforme al Plan y de acuerdo con los precios contratados por la Propiedad.

El abono de las certificaciones expuestas en dicha valoración se hará conforme se estipule en el contrato de la obra.

Se tendrá en cuenta a la hora de redactar el presupuesto del Estudio o Plan, sólo las partidas que referentes a medidas de Seguridad y Salud, haciendo omisión de medios auxiliares sin los cuales la obra no podría realizarse



2. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

La ejecución de la obra objeto del Estudio de Seguridad y Salud estará regulada por la Normativa de obligada aplicación que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Esta relación de dichos textos legales no es exclusiva ni excluyente respecto de otra Normativa específica que pudiera encontrarse en vigor, y de la que se haría mención en las correspondientes condiciones particulares de un determinado Proyecto.

• LISTADO NO EXHAUSTIVO DE DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

R.D. L. 1/1995	Estatuto de los Trabajadores
Ley 31/1995	De Prevención de Riesgos Laborales
Ley 54/2003	Modificación de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales
R,D. 171/2004	Desarrollo del artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Coordinación de Actividades Empresariales
R.D. 39/1997	Reglamento de los Servicios de Prevención
RD 604/2006	Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y del RD 1627/97
R.D. 949/1997	Certificado Profesional de Prevencionistas de riesgos laborales
R. D. 485/1997	Sobre señalización de seguridad y salud en el Trabajo
R.D. 486/1997	Sobre las normas mínimas de seguridad y salud en el trabajo
R.D. 487/1997	Sobre manipulación de cargas.
R.D. 773/1997	Sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de protección personal
R.D. 1215/1997	Sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
RD 2177/2004	Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura
R.D. 1627/1997	Sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
Ley 32/2006	Reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción
R.D. 1109/2007	Desarrolla la Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción
R.D. 286/2006	Sobre protección de los trabajadores frente al ruido
R.D. 842/2002	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
R.D. 2151/1968	Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión
R.D. 614/2001	Protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico



R.D. 2291/1985 y modificaciones R.D. 474/1988	Reglamento de Aparatos Elevadores y Manutención
R.D. 863/1985	Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera
O.M. 28-8-1970	Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica. (artículos no derogados)
O.M. 9-3-1971	Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Capítulo VI del Título II)
R.D. 1504/1990	Reglamento de aparatos a presión
Ley 10/1998	Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos
D. 30-11-1961	Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas
Ley 5/2000	Ley sobre infracciones y sanciones de orden social. Modificado parcialmente por la Ley 54/2003, de 12 diciembre.
R.D 13/1992	Reglamento General de Circulación
Ley 19/2001	Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial (reforma del R.D.L.339/1990)
O.C.301/89 T., 27-4-1989	Señalización de obras.
Ley 38/1999	Ordenación de la Edificación (L.O.E.)
Convenio Colectivo General de la Construcción, aprobado por resolución de 4 de mayo de 1992, de la D.G. Trabajo	
Pliego General de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura	

A tales efectos esta Ley establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva, en los términos señalados en la presente disposición.



3. MEMORIA INFORMATIVA

3.1. EMPLAZAMIENTO

3.1.1. Terreno

La superficie del solar es sensiblemente plana y con pequeños desniveles, el terreno tiene varios estratos compactos y de calidad.

El nivel freático no es un factor que pueda generar riesgos o condicionar las medidas preventivas.

3.1.2. Accesos

La ubicación de la obra se indica en el plano correspondiente adjunto, en los que se señalan los accesos al recinto.

3.1.3. Climatología

Clima sin aspectos destacables sólo obliga a prever las medidas oportunas para hacer frente a los rigores climáticos en cuanto a ropa de trabajo y superficies deslizantes.

3.1.4. Entorno

La instalación a construir ocupa una parcela en los terrenos del polígono de rustica en Yeles (Toledo).

3.1.5. Servicios afectados

No se prevé que las obras afecten en ningún momento a servicios públicos (agua, electricidad, etc.).



3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA A REALIZAR

La obra aparece definida en las memorias y planos del presente proyecto debiendo destacarse en consecuencia únicamente los aspectos más sobresalientes de su ejecución, que constará de los siguientes trabajos generales:

- Cimentaciones profundas mediante pilotes, recogidos en encepados de hormigón armado.
- Superestructuras de hormigón armado y metálicas en edificios de proceso y de servicios.
- Forjados intermedios de losas macizas de hormigón.
- Cerramientos de recintos y divisiones interiores en fábrica de bloques de hormigón, y en panel sandwich sobre correas metálicas.
- Montaje de elementos mecánicos.
- Construcción de un silo en hormigón armado mediante la técnica de encofrados deslizantes.
- Acabados y urbanización convencionales.



4. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1. FORMACIÓN DE TRABAJADORES

La empresa constructora está obligada a facilitar una formación práctica y adecuada en materia de Seguridad y Salud a los trabajadores que contrate, o cuando cualquiera de estos cambie de puesto de trabajo o tenga que aplicar una nueva técnica que pueda ocasionar riesgos graves para el propio trabajador o para sus compañeros o terceros. El trabajador está obligado a seguir dichas enseñanzas.

4.2. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.

4.2.1. Vestuarios y aseos

Para cubrir las necesidades el Contratista habilitará un local con superficie suficiente, para vestuarios y aseos. Estarán provistos de asientos y de taquillas individuales con llave que se entregará al trabajador, quedando otra de repuesto en la oficina para casos de emergencia.

La dotación será:

- 1 Inodoro dimensión total 1.20 x 1.00 por cada 25 trabajadores empleados y dispondrá de ventilación al exterior.
- 1 Lavabo con espejo y jabón por cada 10 trabajadores.
- Perchas, su cantidad será igual al número máximo de trabajadores concurrentes.
- 1 Ducha con cabina individual por cada 10 usuarios.
- Sistema calefactor durante el invierno.

Los lavabos y duchas tendrán agua fría y caliente.

Los retretes tendrán descarga automática de agua corriente y papel higiénico.



Los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables y de materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

Todos los elementos (grifos, desagües, alcachofas de duchas) estarán en perfecto estado de funcionamiento y los armarios y bancos aptos para su utilización.

Estos locales no se utilizarán para usos distintos de aquellos para los que están destinados.

4.2.2. Abastecimiento de agua

La obra contará con abastecimiento de agua potable. En un principio hasta la obtención del suministro por parte de la compañía suministradora del agua se usarán depósitos rellenables instalados en aquellos lugares que hayan sido indicados por la dirección facultativa.

4.2.3. Oficina de obra

Se instalará igualmente una oficina de obra y un pequeño almacén para herramientas, pequeño material, utillaje, etc.

4.2.4. Comedor

El Contratista habilitará un local para uso como comedor. Se dispondrá de un recinto con una superficie mínima de 1.2 m² por el número máximo de trabajadores concurrentes; la altura mínima del techo será de 2.30 m que contará con los siguientes servicios:

- 1 Calienta-comidas para cada 50 operarios.
- 1 Grifo en la pileta por cada 10 operarios.
- Menaje de comedor (platos, cubiertos y vasos).
- Mobiliario (mesas, sillas o bancos).

La pila dispondrá de agua potable.



Los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables y de materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

Este local no se utilizará para usos distintos de aquellos para los que están destinados.

No se prevé la instalación de comedores si el taller del Contratista dispone de este servicio y está situado a menos de 2 Km de la obra.

4.2.5. Limpieza

Los cuartos vestuarios, aseos, comedor y oficina de obra deberán limpiarse con la frecuencia necesaria para que en todo momento se encuentren en adecuadas condiciones de higiene y asepsia, lo que la empresa llevará a cabo según demanden las circunstancias concretas.

4.3. **SERVICIOS SANITARIOS**

4.3.1. Reconocimientos médicos

Todos los trabajadores serán sometidos a un reconocimiento médico en el momento de su contratación y periódicamente una vez al año.

4.3.2. Botiquín

En la oficina administrativa de obra existirá un botiquín fijo, señalizado en el exterior mediante cartel de amplia visibilidad, cuyo contenido mínimo será el siguiente:

- Agua oxigenada
- Alcohol de 90°
- Tintura de iodo
- Mercurocromo
- Amoniaco
- Gasa estéril
- Algodón hidrófilo
- Vendas
- Esparadrapo



- Antiespasmódicos
- Analgésicos
- Tónicos cardíacos de urgencia
- Torniquete
- Analgésicos
- Bolsas de agua para agua o hielo
- Guantes esterilizados
- Jeringuilla
- Agujas para inyectables
- Termómetro clínico

Se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente lo usado.

4.3.3. Centro asistencial de urgencia

El Contratista, antes de la iniciación de los trabajos deberá disponer lo necesario para cubrir la asistencia médica a la obra en cualquier eventualidad, y durante todo el transcurso de la misma, estableciendo los conciertos necesarios con los servicios pertinentes existentes en el núcleo urbano más próximo.

En la oficina de obra, en cartel situado al exterior, se colocará de forma bien visible los datos del centro asistencial de urgencia más próximo:

Entidad

Dirección

Número de teléfono

4.4. **INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA**

4.4.1. Instalación provisional de electricidad

Hasta la obtención de los pertinentes permisos y suministro por parte de la compañía eléctrica, se instalarán grupos electrógenos en aquellos lugares que queden indicados por la dirección facultativa.



Una vez concedido el permiso necesario se llevará a cabo la acometida provisional de obra. Desde los contadores instalados por la compañía eléctrica el contratista realizará la instalación de suministro a la obra conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión según proyecto de instalador autorizado.

La acometida alimentará a un cuadro general de mando y protección que estará en el interior del armario de distribución general, el cual será de material aislante, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor multipolar y protección contra fuegos a tierras y sobrecargas, así como cortacircuitos, mediante interruptores magnetotérmicos y diferencial 300 mA.

La instalación eléctrica provisional de obra se diseñara dividida en tres circuitos: fuerza para máquinas fijas, fuerza para máquinas portátiles y alumbrado. Todos estos circuitos de alimentación de cuadros secundarios estarán debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Los interruptores magnetotérmicos tendrían un poder de corte nominal 10KA.

Tras los magnetotérmicos se instalará en cada circuito un interruptor diferencial de 0.3 Amperios para fuerza de máquina fijas y de 0.03 Amperios para fuerza de máquinas portátiles y alumbrado.

Existirá una red de puesta a tierra con la toma de tierra situada junto armario general.

Todos los conductores empleados en esta instalación estarán aislados para una tensión nominal mínima de 1000 V y carentes de empalmes. Cualquier alargamiento se resolverá con sistemas de toma-corrientes.

Los cuadros secundarios cumplirán todo lo anterior en cuanto a inaccesibilidad de elementos de tensión, protección y continuidad del conductor de puesta a tierra.

Todas las máquinas eléctricas deben tener sus masas metálicas accesibles unidas a tierra mediante un conductor de protección incluido en la manguera de alimentación eléctrica.

Los aparatos de alumbrado portátil excepto los utilizados con pequeñas tensiones, serán de tipo protegido contra los chorros de agua y su conexión se efectuará con clavijas y bases de corriente bipolares con toma de tierra.



4.4.2. Extinción de incendios

Se dotará a la obra de dos extintores portátiles de polvo polivalente, que se instalarán junto al cuadro eléctrico general, uno y junto a la oficina de obra el otro, fácilmente accesibles, debidamente señalizados, protegidos de la radiación solar y de las inclemencias del tiempo.

Para una adecuada conservación y control de funcionamiento, se revisarán y probarán del modo siguiente:

Como máximo cada 3 meses se verificará situación, accesibilidad y aparente buen estado.

Cada 6 meses: verificación de peso y presión.

Cada año: verificación por personal especializado.

El extintor irá provisto de una placa con datos de presión, número y fechas de las pruebas. Contará además con una etiqueta de características y empleo.

4.4.3. Seguridad para terceros

Rodeando el solar se instalará una valla de altura no menor de 2 m.

4.4.4. Instalación de aguas residuales

Tendrá acometida a la red de saneamiento. Se conectarán a la red de alcantarillado público todas aquellas instalaciones provisionales de obra que produzcan vertidos de aguas sucias.

4.5. **FASES DE LA OBRA**

4.5.1. Instalaciones provisionales de obra

A) Descripción de los trabajos



Descarga y montaje de módulos para casetas de obra, vestuarios y aseos, instalación eléctrica, agua y saneamiento, en estos trabajos se utilizará la grúa móvil, herramientas portátiles, escaleras, borriquetas y pértigas.

B) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Atrapamientos, golpes y cortes
- Caída de carga desde la grúa móvil
- Descargas eléctricas de origen directo o indirecto
- incendios

C) Medidas preventivas

- Cualquier parte de la instalación se considerará bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con aparatos adecuados.
- El cuadro aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas, será tensado con piezas especiales sobre apoyos, si los conductores no pueden soportar la carga mecánica prevista, se emplearán cables fiables con una resistencia de rotura de 800 Kg. fijando a éstos el conducto con abrazaderas.
- Los conductores si van por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos, al atravesar zonas de paso estarán protegidos adecuadamente.
- En la instalación de alumbrado, estarán separados los circuitos de la valla, acceso a zonas de trabajo, escalera, etc.
- Los aparatos portátiles que sean necesarios emplear, serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados.
- Las derivaciones de conexión a máquinas, se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas derivaciones, al ser portátiles, no estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.
- No conectar cables directamente.
- Se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa



aislante de protección.

- Antes de la descarga de los módulos se revisarán las eslingas.
- No situarse en la zona de influencia de las cargas.
- Las maniobras estarán dirigidas por una sola persona.
- Los tajos se mantendrán limpios y ordenados.
- Acopio adecuado de los materiales.

D) Protecciones colectivas

- Tomas de tierra o interruptor diferencial.
- Pértigas aislantes adecuadas a la instalación.
- Extintor.
- Bolsa portaherramientas.
- Uso de cuerdas auxiliares, para mandar cargas suspendidas.
- Máquinas portátiles con doble aislamiento
- Tarimas, alfombrillas y pértigas aislantes.

E) Protecciones personales

- Casco homologado de seguridad dieléctrico.
- Guantes aislantes.
- Botas aislantes.
- Chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas.

4.5.2. Desmontajes, demoliciones v movimiento de tierras

A) Descripción de los trabajos

La adecuación del terreno puede requerir las demoliciones de obras de fábrica preexistentes o bloques de hormigón de tamaño superior al admisible para la buena ejecución de cimentaciones, así como el desguace y retirada de algún elemento constructivo metálico.

B) Riesgos más frecuentes.

Caídas al mismo nivel.



Caídas en altura.

Atrapamientos de maquinaria.

Cortes principalmente en extremidades.

Quemaduras.

Proyección de partículas.

Explosiones.

Incendios.

C) Medidas preventivas.

Ninguna persona circulará bajo las zonas de trabajo de grúas y andamios en los que se estén realizando trabajos de oxicorte.

Mantener el tajo limpio y ordenado.

Almacenar separadamente las botellas de acetileno y oxígeno del resto de los combustibles.

El personal será especialista en este trabajo y demostrara calificación personal.

No se mezclarán botellas de gases distintos.

Prohibición de utilizar las botellas o bombonas de gases licuados en posición inclinada.

Se prohibirá la utilización del oxicorte con acetileno para cortar o soldar materiales que contengan cobre.

No utilizar el oxígeno para ventilar recipientes, el puesto de trabajo, o para operaciones de limpieza.

Almacenamiento fuera de taller, al aire libre y bajo techo que proteja las botellas del sol.

Prohibición de fumar en los lugares de almacenamiento.

Comprobar periódicamente la estanqueidad de las mangueras con agua jabonosa.

No engrasar las llaves y demás elementos de maniobra.

No dejar el mechero de soldadura en el suelo, estos se depositarán siempre en porta-mecheros.

Los mecheros para soldadura mediante gases licuados obligatoriamente estarán dotados de válvulas antirretorno de llama.



Se prohibirá el encendido del soplete mediante cerillas o encendedores con llama, para el encendido se utilizarán encendedores por fricción.

Vigilancia de la zona de trabajo durante 30 minutos después de la finalización de los trabajos de soldadura, si esta zona tiene riesgo de incendio.

D) Protecciones personales

.Pantalla.

Casco homologado.

Cinturón de seguridad.

Guantes de cuero.

Manguitos.

Botas de seguridad.

E) Protecciones colectivas.

Organización del tráfico y señalización de la zona de trabajo de grúas.

Delimitación del área de trabajo.

Transporte mediante carros porta-botellas siempre en posición vertical y con cadenas de sujeción.

Extintor de polvo químico seco, cerca del tajo.

4.5.3. Cimentación

A) Descripción de los trabajos

La cimentación está formada por pilotes y encepados de hormigón armado. La ferralla se colocará sobre una capa de hormigón de limpieza y posteriormente será vertido el hormigón mediante bombeo.

B) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Desprendimientos de borde de talud



- Heridas con la ferralla
- Pinchazos frecuentemente en los pies
- Eczemas
- Electrocuiones por contacto directo en el corte de armaduras

C) Medidas preventivas

- Mantener los tajos limpios
- Atención al trabajo que se realiza
- Accesos al vaciado correctos
- Atención a los acopios al borde de la excavación.

D) Protecciones colectivas

- Delimitación de la zona de acopio de la ferralla
- Rampa o escalera de acceso al fondo excavación.
- Barandilla perimetral borde de excavación.

E) Protecciones personales

- Casco homologado en todo momento
- Botas adecuadas al trabajo a realizar
- Guantes de cuero para manejo de la ferralla
- Guantes para el contacto con el hormigón

4.5.4. Estructuras de hormigón

A) Descripción de los trabajos

Para la superestructura de hormigón se utilizarán encofrados convencionales y encofrados deslizantes.

Para estos trabajos se utiliza camión hormigonera, equipo de bombeo, vibrador, herramientas de mano, grúa y castillete de acceso a las plataformas de trabajo.



B) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel de operarios
- Caídas a distintos nivel de operarios
- Cortes en las manos
- Pinchazos frecuentemente en los pies
- Electrocuciones por contacto directo en el corte de armaduras
- Caídas de objetos a distintos nivel
- Eczemas

C) Medidas preventivas

- Atención al trabajo que se realiza.
- El sistema de encofrado dispondrá de protecciones homologadas.
- Acopio adecuado del material de encofrado y ferial la. Mantener l tajo limpio.
- No se utilizarán los encofrados como escalera, se emplearán castilletes o escaleras.
Se revisará periódicamente los elementos que conforman el sistema de encofrado y se sustituirán los dañados.
Se limpiarán periódicamente las redes de protección de huecos horizontales y las redes tipo horca.
Empleo de bolsas porta-herramientas.
- Deberán quitarse las puntas que pudiera tener la madera antes de ser apilada.
- Al realizar el desmontaje del encofrado se empezará por las partes más distantes desde una plataforma continua y con salidas.

D) Protecciones colectivas

- Redes de protección en huecos horizontales de losa.
- Redes tipo horca en borde de losa.
- Protección de huecos con mallazo o tabla clavada a losa.
- Barandilla de protección de plataformas y escaleras (alt. Min. 1,1 Om).
- Escaleras peldañeadas y con barandilla.

E) Protecciones personales

- Uso obligatorio del casco homologado.



- Botas de goma durante el vertido del hormigón.
- Botas de seguridad para trabajos de encofrado y ferralla.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes de cuero para la ferralla.
- Guantes de goma para el hormigón.

4.5.5. Superestructuras metálicas y cerramientos metálicos

A) Descripción de los trabajos

Las estructuras metálicas que aparecen en las obras son las correspondientes a los silos de almacenamiento de graneles, edificios de trasiego de materiales con elevadoras y cintas transportadoras y algunos edificios auxiliares.

B) Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Caída de objetos
- Cortes principalmente en las manos
- Atrapamientos
- Electrocución
- Daños en los ojos durante la soldadura
- Quemaduras al tocar los perfiles metálicos inmediatamente después de soldar.

C) Medidas preventivas

- Accesos por escaleras o castilletes.
- Andamios normalizados.
- No realizar el izado de elementos metálicos con vientos fuertes.
- Mantener el tajo limpio.
- El material estará bien acopiado.
- Las eslingas serán las adecuadas, estarán bien colocadas y no se retirarán hasta que no esté fija la estructura.
- Obligatoriedad del empleo del cinturón y aparejo de seguridad, incluso para trabajos de



corta duración.

- Buena visibilidad del gruista.
- Delimitar bien la zona de trabajo y no permanecer bajo la carga.
- Realizar la mayor parte de los montajes en el suelo, izando subconjuntos de la mayor dimensión posible, para que los operarios de montaje, puedan disponer en todo momento de superficies o estructuras suficientemente amplias desde donde maniobrar.

D) Protecciones colectivas

- Cable fiador para enganche de cinturón.
- Bolsa porta herramientas.
- Señalización de zona de elevación de cargas
- Redes de protección de huecos horizontales
- Cuerdas auxiliares para dirigir y orientar la carga
- Barandillas de protección en plataformas de trabajo
- Equipo de soldadura con toma de tierra e interruptor diferencial.

E) Protecciones personales

- Casco homologado.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad clase III con suela antideslizante.
- Careta completa de soldador acoplable al casco de seguridad.
- Mono de trabajo.
- Guantes o manoplas de cuero resistentes al calor.
- Delantal de cuero para protección de las chispas o proyecciones durante la soldadura.

4.6. MAQUINARIA

4.6.1. Maquinaria de movimiento de tierras

4.6.1.1.- Pala cargadora.

A) Riesgos más frecuentes



- Atropello y colisiones en maniobras de marcha atrás y giro.
- Caída de material desde la cuchara.
- Vuelco de la máquina.

B) Medidas preventivas

- Comprobación y conservación periódica de los elementos de la máquina.
- Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado.
- Siempre que la máquina finalice su trabajo por descanso u otra causa, se dejará la batería conectada, la cuchara apoyada en el suelo y la llave de contacto quitada.
- No se fumará durante la carga de combustible, ni se comprobará con llama el contenido del depósito.
- Se consideran las características del terreno donde actúa la máquina para evitar accidentes por giros incontrolados al bloquearse un neumático. El hundimiento del terreno puede originar el vuelco de la máquina con grave riesgo para el personal.

C) Protecciones personales

El operario llevará en todo momento:

- Casco de seguridad homologado.
- Botas antideslizantes.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Gafas de protección contra el polvo en tiempo seco.
- Asiento anatómico.

D) Protecciones colectivas

- Estará prohibida la permanencia en obra de personas en la zona de trabajo de la máquina.

4.6.1.2.- Camión basculante

A) Riesgos más frecuentes

- Choques con elementos fijos de la obra.



- Atropello y aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento.
- Vuelcos al circular por la rampa de acceso.

B) Medidas preventivas

- La caja será bajada independientemente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- Al realizar las entradas y salidas del solar, lo hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
- Respetará todas las normas del código de circulación.
- Si tuviera que parar por cualquier circunstancia en la rampa de acceso, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Respetará en todo momento la señalización de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.

C) Protecciones personales

El conductor del vehículo, cumplirá las siguientes normas:

- Siempre que se baje del camión deberá usar casco.
- Durante la carga, permanecerá fuera del radio de acción de las máquinas y alejado del camión,
- Antes de comenzar la descarga, tendrá echado el freno de mano.

D) Protecciones colectivas

- No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar éste, maniobras.
- Si descarga material en las proximidades de la zanja o pozo de cimentación, se aproximará a una distancia máxima de 1 metro, garantizando ésta mediante topes.

4.6.1.3.- Retroexcavadora

A) Riesgos más frecuentes



- Vuelco por hundimiento de terreno.
- Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro.

B) Medidas preventivas

- La cabina estará dotada de extintor de incendios, al igual que el resto de las máquinas.
- Anunciará sus movimientos mediante señales acústicas con el claxon indicando con dos toques la marcha hacia delante y con tres, la marcha hacia atrás.
- Mientras esté realizando movimientos, el personal de la obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes.
- Cuando el conductor tenga que abandonar la máquina, por un motivo cualquiera, deberá parar el motor y dejar puesta la marcha contraria al sentido de la pendiente.
- Al circular, lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar o interrumpir la jornada de trabajo, dejará la cuchara apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina, desconectando la batería y retirando la llave de contacto.
- Durante la excavación de la entrada al solar, la máquina estará calzada al suelo haciendo uso de las zapatas hidráulicas.

C) Protecciones personales

El operario llevará en todo momento

- Casco de seguridad homologado.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas antideslizantes.
- Limpiará el barro adherido al calzado, para que no resbalen los pies sobre los pedales.

D) Protecciones colectivas

- No permitirá nadie en el radio de acción de la máquina.
- Al descender por la rampa, el brazo de la cuchara estará situado en la parte posterior de la máquina.

4.6.2. Maquinaria de elevación

4.6.2.1- Grúa torre



A) Riesgos más frecuentes

- Rotura del cable o gancho.
- Caída de la carga.
- Electrocución por defecto de puesta a tierra.
- Caídas en altura de personas, por empuje de la carga.
- Golpes y aplastamientos por la carga.
- Ruina de la máquina por el viento, exceso de carga, arriostramiento deficiente, etc.

B) Medidas preventivas

- Todos los trabajos se ejecutarán estrictamente a las características de la grúa: carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta y contrapeso.
- A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- Así mismo deberá disponer de pasillo de seguridad en perfecto estado.
- La armadura de la grúa estará conectada a tierra.
- El cubo de hormigón cerrará herméticamente para evitar caídas de material.
- La grúa se instalará sobre cuatro apoyos, rigurosamente nivelados, sobre base de hormigón armado en función de la tensión admisible del terreno.
- El lastre estará colocado de manera que no se puedan producir pérdidas, recomendándose el empleo de piezas de hormigón de peso conocido.
- Las plataformas para elevación del material, dispondrán de un rodapié de 20 cm colocando la carga bien repartida para evitar desplazamientos.
- La elevación en pallets, se hará disponiendo dos eslingas por debajo de la plataforma de madera. Nunca se utilizará el fleje del pallet para colocar en él el gancho de la grúa.
- El operador, al terminar la jornada e interrumpir el trabajo, comprobará que el gancho está libre de cargas; pondrá a cero todos los controles de maniobra y dejará la grúa sin corriente accionando el Interruptor.
- Además, si se trata del final de la jornada, pondrá un pequeño peso en el gancho, lo elevará hacia arriba y colocará el carro próximo al mástil, comprobando que no se puede enganchar al girar libremente la pluma, que quedará en veleta. -El operador deberá hacer una vez por semana las siguientes revisiones:

- a) Comprobar el funcionamiento de los frenos.



- b) Comprobar las partes sujetas a desgaste, como zapatas de freno, cojinetes y superficies de fricción de los rodillos.
- c) Comprobar el funcionamiento de limitadores y conectadores.
- d) Verificar que los controles de mando estén a cero antes de accionar el interruptor para dar corriente.

- El operador deberá ser consciente de su responsabilidad, evitando sobrevolar la carga donde haya personal, manejando los mandos con movimientos suaves y vigilando constantemente la carga, dando señales de aviso en caso de observar anomalía.
- Así mismo tomará precauciones en caso de fuerte viento, trabajando las cargas.
- Se prohíbe terminantemente el transporte de personas en la grúa, arrastrar cargas, tierras de ellas en seco y arrancar las que estén enclavadas.
- Se comprobará la existencia de la certificación de las pruebas de estabilidad después del montaje.

C) Protecciones personales

- Uso obligatorio de casco homologado.
- Guantes de cuero para el manejo de cables, o elementos rugosos o cortantes.
- Cinturón de seguridad, en todas las labores de mantenimiento, anclado a puntos sólidos o al cable de visita de la grúa.
- La corriente eléctrica estará desconectada si es necesario actuar en los componentes eléctricos de la grúa.
- El ascenso a la parte superior de la grúa se hará utilizando el dispositivo de paracaídas, instalado al montar la grúa.

D) Protecciones colectivas

- Se evitará volar la carga sobre otras personas trabajando.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra.
- Durante las operaciones de mantenimiento de la grúa, se usarán bolsas adecuadas para las herramientas manuales.

4.6.2.2.- Grúa autotransportada



A) Riesgos más frecuentes

- Rotura de cable o gancho
- Caída de la carga
- Caídas en altura del personal por empuje de cargas
- Atrapamientos, golpes o caídas
- Inestabilidad de apoyos de la grúa

B) Medidas preventivas

- Los estabilizadores estarán apoyados sobre superficies estables
- Utilizar plataformas de reparto de cargas de tablones para los estabilizadores si se trabaja en terreno blando
- Las maniobras serán guiadas por un especialista
- La circulación sobre la grúa se hará por los espacios destinados para ello, no subirse al brazo de la grúa
- Carga suspendida siempre a la vista del gruista
- No se permanecerá o realizarán trabajos en un radio de 5 m. en torno a la grúa autopropulsada
- Se evitará permanecer bajo cargas suspendidas
- No utilizar la marcha atrás sin ayuda de un señalista
- Utilización de cuerdas auxiliares para dirigir la carga

C) Protecciones personales

- Uso de casco homologado
- Ropa de trabajo adecuada
- Guantes de cuero para manejo de cables

D) Protecciones colectivas

- Ganchos con pestillos de seguridad
- Delimitación de la circulación de la grúa y área de trabajo
- Señalización de cargas suspendidas



4.6.3. Máquinas herramientas

4.6.3.1.-Vibrador

A) Riesgos más frecuentes

- Descargas eléctricas.
- Caídas en altura.
- Salpicaduras de lechada en los ojos.
- Dermatitis.

B) Medidas preventivas

- La operación de vibrado se hará siempre desde posición estable.
- Protección de la manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico, si discurre por zona de paso.

C) Protecciones individuales

- Casco hormigonado.
- Botas de agua.
- Guantes dieléctricos.
- Gafas para protección contra las salpicaduras.

D) Protecciones colectivas

- Las mismas que para la estructura de hormigón

4.6.3.2.-Armadura

A) Riesgos más frecuentes

- Descargas eléctricas.
- Atrapamientos por órganos móviles.



- Vuelcos, atropellos y golpes en los desplazamientos.

B) Medidas de prevención

- La máquina estará situada en superficie llana y consistente.
- Se colocarán carcasas de protección en las partes móviles y de transmisión.
- Bajo ningún concepto se introducirá el brazo en el tambor, con la máquina en movimiento.

C) Protecciones personales

- Casco homologado.
- Mono de trabajo.
- Guantes de goma.
- Botas de goma.
- Mascarilla antipolvo.

D) Protecciones colectivas

- Zona de trabajo claramente delimitada.
- Revisión de la alimentación eléctrica, comprobando su conservación y protegiendo las zonas de tránsito.

4.6.3.3.- Herramientas portátiles

A) Enumeración de las herramientas portátiles más usuales

- Martillo rotativo.
- Taladro percutor.
- Pistola clavadora.
- Disco radial.
- Máquina de rozas.
- Lijadora.
- Máquina de cortar terrazo y azulejo.
- Cortadura de ingletes y herramientas eléctricas y carpintero.

B) Riesgos más frecuentes



- Descargas eléctricas.
- Heridas en las manos.
- Generación de polvo.
- Ambiente ruidoso.
- Proyección de partículas.
- Caídas.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades.

C) Normas básicas de seguridad

- Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamientos y clavija con toma de tierra.
- Conocimiento de las instrucciones de uso, por parte del personal que las utilice.
- Revisión periódica de las herramientas, de manera que se cumplan las normas de conservación del fabricante.
- La desconexión de las herramientas se hará tirando de la clavija, nunca del cable ni con tirón brusco.
- Se prohíbe la conexión de herramientas eléctricas sin enchufe.
- En caso de emplear mangueras de extensión, se debe hacer la conexión desde la herramienta a la manguera, y ésta al enchufe; nunca al contrario.

D) Protecciones individuales

- Casco homologado.
- Guantes de cuero.
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de pistola clavadora.
- Cinturón de seguridad para trabajos en altura.

E) Protecciones colectivas

- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Las mangueras de alimentación estarán en buen uso y con dispositivos de conexión adecuados.
- Los huecos estarán protegidos con barandillas.
- Se dispondrán los medios necesarios para que el trabajo se haga desde posición estable.



4.6.4. Máquinas varias

4.6.4.1.- Dumper autovolquete

A) Riesgos más frecuentes

- Vuelco de máquina
- Atropello de trabajadores
- Choques
- Caídas a distinto nivel

B) Medidas preventivas

- No se sobrepasará la carga máxima permitida
- La carga no obstaculizará la visión del conductor
- Conducir siempre despacio
- No transportar a personas, sólo materiales
- La carga no sobresaldrá por los laterales del dumper
- La subida de pendientes con el dumper cargado se realizará siempre en marcha al frente, y los descensos en marcha de retroceso.
- Respecto de las señales y circulación, dentro y fuera de la obra

C) Protecciones personales

- Casco de seguridad homologado
- Guantes de cuero
- Ropa de trabajo adecuada

D) Protecciones colectivas

- Señalización estática
- Establecimiento de vías y sentidos de circulación
- Topes de descarga que impidan vuelcos o atropellos

4.6.4.2.- Camión hormigonera



A) Riesgos más frecuentes

- Choques con elementos fijos de la obra
- Atropello o aprisionamiento de personas
- Vuelcos y caídas a zanjas

B) Medidas preventivas

- Respetar la señalización y vías dentro de la obra
- No circular o estacionar el camión hormigonera a una distancia inferior a 2 m del borde de zanjas o cortes de terreno

C) Protecciones personales

- Casco al salir de la cabina del camión
- Guantes para diversas manipulaciones

D) Protecciones colectivas

- Entibación si es necesario por proximidad de camión a borde de excavación
- Señalización y establecimiento de vías de circulación dentro de la obra

4.6.4.3.- Camión con equipo de bombeo de hormigón

A) Riesgos más frecuentes

- Atropellos y atrapamientos
- Vuelcos y caídas a excavaciones
- Choques con elementos fijos de obra
- Reventón de tubería de hormigonado
- Caídas de personas

B) Medidas preventivas



- Respetar la señalización y vías dentro de la obra
- No circular o estacionar a menos de 2 m. de borde de talud
- El lugar de ubicación será horizontal para garantizar la estabilidad permanente de la máquina
- Antes de iniciar el bombeo se comprobará que las ruedas están bloqueadas con calzos
- Después de hormigonarse lavará y limpiará los tubos de impulsión
- Dos trabajadores mínimos para trabajos de guía de manguera de vertido
- Uso de sirena para advertir del comienzo y conclusión del bombeo

C) Protecciones personales

- Casco al salir de la cabina del camión
- Guantes para manejo de hormigón
- Botas de goma

D) Protecciones colectivas

- Señalización y establecimiento de vías de circulación y área de trabajo

4.6.4.4.- Pequeñas compactadoras

A) Riesgos más frecuentes

- Descontrol de la máquina por desplazamientos laterales
- Polvo ambiental de apariencia ligera
- Ruido
- Atrapamientos

B) Medidas preventivas

- Riego de la zona de trabajo
- Las carcasas protectoras estarán montadas
- Avance frontal del pisón no lateral
- El personal ajeno a este tajo no circulará por las inmediaciones

C) Protecciones personales



- Casco de seguridad homologado
- Ropa de trabajo adecuada
- Guantes de cuero
- Cinturón antivibraciones
- Máscara antipolvo con filtro
- Cascos auriculares contra el ruido
- Botas con puntera metálica

D) Protecciones colectivas

- Delimitación de zona de trabajo

4.6.4.5.- Soldadura eléctrica

A) Riesgos más frecuentes.

Caídas al mismo nivel

Quemaduras

Contactos eléctricos

Derivados de radiaciones

Proyección de partículas

Pinchazos por objetos punzantes, sobre todo en las extremidades

Derivados de la inhalación de vapores metálicos

B) Medidas preventivas.

- La conexión de la máquina estará protegida de forma que no pueda inducir a error y conectar el secundario a primario.
- Los conductores flexibles se vigilarán periódicamente comprobando su buen estado y evitando al máximo su arrastre.
- El personal encargado de soldar será especialista en este trabajo y de demostrada



calificación profesional.

- Las zonas de trabajo estarán limpias y ordenadas.
- Se evitará el contacto de los cables con las chipas desprendidas en lugares reducidos.
- No se cambiarán los electrodos con las manos desnudas o con guantes húmedos.
- Los armazones de las piezas a soldar estarán derivados a tierra.
- La toma de corriente del grupo de soldadura se realizará mediante conmutador al alcance del soldador, de forma que corte la corriente de todos los cables de alimentación.
- Las aberturas de ventilación practicadas en la carcasa del transformador no permitirán contacto accidental con elementos de tensión.
- Antes del inicio de los trabajos el soldador se cerciorará de que no hay personas en el entorno de a vertical de su puesto de trabajo.
No se dejarán las pinzas de la soldadura en el suelo o sobre los elementos a soldar, se depositarán en un portapinzas.
- Al finalizar el trabajo, así como en las interrupciones que se produzcan, se dejará el equipo completamente desconectado.

C) Protecciones personales.

Cinturón de seguridad siempre que sea necesario.

Casco homologado en todo momento.

Guantes de cuero.

Mandil, polainas y manguitos de cuero.

Calzado de seguridad.

Yelmo de soldador (casco y careta de protección)

D) Protecciones colectivas.

Toma de tierra e interruptor diferencial.

El enchufe será de forma tal que sea imposible la inversión de las conexiones de tierra a las de fuerza.

El mango será aislante e ininflamable.

Extintor cerca del tajo.

Cable fiador.



4.6.4.6.- Soldadura Oxiacetilénica

A) Riesgos más frecuentes.

Quemaduras

- Proyección de partículas.
- Contaminación ambiental debida a humos metálicos u otros tratamientos contaminantes procedentes de los diferentes tratamientos a que estén sometidas las piezas.
- Explosiones.
- Cortes principalmente en extremidades
- Incendios.

B) Medidas preventivas.

- Almacenar separadamente las botellas de acetileno y oxígeno del resto de los combustibles.
- El personal será especialista en este trabajo y demostrara cualificación personal.
- No se mezclarán botellas de gases distintos.
- Prohibición de utilizar las botellas o bombonas de gases licuados en posición indinada.
- Se prohibirá la utilización del oxicorte con acetileno para cortar o soldar materiales que contengan cobre.
No utilizar el oxígeno para ventilar recipientes, el puesto de trabajo, o para operaciones de limpieza.
- Almacenamiento fuera de taller, al aire libre y bajo techo que proteja las botellas del sol.
Prohibición de fumar en los lugares de almacenamiento.
- Comprobar periódicamente la estanqueidad de las mangueras con agua jabonosa.
- No engrasar las llaves y demás elementos de maniobra.
- No dejar el mechero de soldadura en el suelo, estos se depositarán en porta-mecheros.
- Los mecheros para soldadura mediante gases licuados obligatoriamente estarán dotados de válvulas antirretroceso de llama.



- Se prohibirá el encendido del soplete mediante cerillas o encendedores con llama, para el encendido se utilizarán encendedores por fricción.
- Vigilancia de la zona de trabajo durante 30 minutos después de la finalización de los trabajos de soldadura, si esta zona tiene riesgo de incendio.

C) Protecciones personales

- Pantallas.
- Casco homologado.
- Guantes de cuero. Manguitos.
- Botas de seguridad.

D) Protecciones colectivas.

- Transporte mediante carros porta-botellas siempre en posición vertical y con cadenas de sujeción.
- Extintor de polvo químico seco, cerca del tajo.
- Accesorio para dejar apoyado del mechero

4.7. MEDIOS AUXILIARES

4.7.1. Andamios de borriquetas y plataformas de trabajo

A) Descripción

Andamio de servicio, usado como elemento auxiliar, y constituido por una plataforma horizontal de tres tablones, colocados sobre dos pies o caballetes en forma de V invertida, sin arriostramientos.

También pueden usarse plataformas móviles de trabajo, con o sin ruedas en un sólo lado y castilletes de madera para hormigonado de pilares. Sólo se podrán emplear hasta una altura máxima de 3 m.

Entre 3 y 6 m, pueden emplearse bastidores móviles arriostrados y con barandillas, principalmente en zonas de mucha altura en planta de acceso, que por su similitud incluimos en este apartado.



B) Riesgos más frecuentes

- Vuelcos por defectos de anclaje o arriostramiento.
- Caídas del personal por no usar tres tablones como plataforma.

C) Medidas preventivas

- En longitudes mayores de 3 m. se emplearán 3 caballetes.
- Nunca se apoyará la plataforma de trabajo en otros elementos que no sean caballetes o borriquetas.
- En altura superior a 3 m. se emplearán armaduras de bastidores móviles, arriostrados con cruz de San Andrés, y dotados de barandilla.
- En caballetes de hormigonado, si son de madera, se comprobará la perfecta clavazón y disposición de sus elementos, estando debidamente arriostrados.

D) Protecciones personales

- Casco de seguridad.
- Mono de trabajo.
- Calzado antideslizante.

4.7.2. Escaleras

A) Descripción

Escaleras de mano, metálicas o de madera, para trabajos de alturas pequeñas y por poco tiempo, de uso generalizado sobre todo por los oficios.

Tramos modulados de escaleras formados por paneles de andamios y zancas de perfiles metálicos, con peldaños de madera para insertar en ranuras y descansillos de tablero, arriostrados con tijeras.

B) Riesgos más frecuentes



- Caídas a niveles inferiores, debidas a la mala colocación de las mismas, rotura de algún peldaño, deslizamiento de la base por inclinación indebida o por estar el suelo mojado,

C) Medidas preventivas

- Se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas.
- Estarán fuera de las zonas de paso.
- Los largueros serán de una sola pieza, con peldaños ensamblados.
- Irán apoyados sobre superficies planas.
- Llevarán en el pie elementos que impidan el desplazamiento.
- El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes.
- Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a la escalera.
- Se prohíbe manejaren la escalera pesos superiores a 25 Kg.
- Nunca se harán sobre las escaleras, trabajos que precisen el uso de las dos manos.
- Las escaleras dobles o de tijera, estarán provistas de elementos de unión que impidan que se abran.
- La inclinación de las escaleras será de unos 75D aproximadamente, lo que equivale a estar separada de la vertical la cuarta parte de su longitud entre apoyos.

4.7.3. Cimbras

A) Descripción

Las cimbras para la ejecución de las plataformas superiores se realizarán con perfiles metálicos fijados a las propias plataformas.

B) Riesgos más frecuentes

- Movimiento de la cimbra por defectuosa colocación de las cuñas, fijación indebida con chavetas sueltas, o por desplazamientos de los calzos o cuñas de apoyo.
- Caídas en altura de personas en las fases de montaje, desmontaje, encofrado y desencofrado.
- Caídas de objetos a distintos nivel (martillos, llaves, etc.)
- Golpes de manos, pies y cabeza.



C) Medidas de prevención

- Apoyo correcto, nivelado y equilibrado
- Mantener el tajo limpio
- Acopio adecuado de materiales
- No utilizar encofrados como escalera

D) Protecciones colectivas

- Cable fiador
- Bolsa para herramientas
- Redes de protección de huecos y bordes de losas

E) Protecciones personales

- Casco de seguridad homologado en todo momento
- Guantes de cuero
- Botas de seguridad adecuadas a los trabajos a realizar
- Cinturón de seguridad

4.8. MANTENIMIENTO Y REPARACIONES

A) Descripción de los trabajos

Trabajos posteriores a la ejecución de los diversos edificios, durante la vida útil de estos, mantenimiento y reparaciones de instalaciones, acabado, limpieza, etc.

B) Riesgos más frecuentes

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de herramientas a distinto nivel.
- Golpes, cortes, atrapamientos y sobre esfuerzos.
- Caídas al mismo nivel.
- Contactos con la corriente eléctrica.



C) Medidas preventivas

- Atención a los trabajos a realizar.
- Mantener limpio los tajos.
- Adecuada inclinación y apoyos de las escaleras a utilizar.
- Andamios de borriquetas nivelados.
- Cortar el suministro de electricidad en los circuitos a reparar.

D) Protección colectiva

- Cable fiador para trabajos en altura.
- Barandilla de protección en trabajadores de reparación en cubierta plana de cuadros eléctricos.
- Toma de tierra e interruptores diferenciales.
- Bolsa portaherramientas.

E) Protecciones personales

- Casco homologado.
- Cinturón de seguridad para trabajos en altura.
- Guantes aislantes.
- Calzado aislante.

4.9. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

4.9.1. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

La Propiedad designará al Técnico Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, el cual desarrollará las funciones previstas en el artículo 9 del R.D. 1627/1997.

El Contratista está obligado a acatar y hacer cumplir las decisiones del coordinador y adoptar las medidas necesarias para corregir las deficiencias que le sean señaladas.



4.9.2. Plan de Seguridad y Salud en el trabajo

Antes del inicio de las obras, el Contratista deberá elaborar, en aplicación del presente de Estudio de Seguridad y Salud un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analicen y desarrollen las previsiones contenidas en éste, en función del sistema previsto para la ejecución de la obra. El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado previamente, antes del inicio de la obra, por el coordinador designado por la Propiedad. En ningún caso las medidas propuestas en el plan podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio.

El Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de la Dirección Facultativa.

4.9.3. Representante de seguridad del Contratista

El Jefe de obra designado por el Contratista será la interlocutor válido para cuestiones de seguridad dentro de la organización de éste. En el caso de que el Contratista opte por nombrar un responsable específico de seguridad, este último tendrá capacidad ejecutiva por encima del Jefe de obra en las cuestiones relacionadas con la seguridad y salud de los trabajadores.

PRESUPUESTO



1. EQUIPOS

A continuación se realizará un listado de los precios de los equipos que constituyen la instalación. En la primera columna aparece la posición del equipo, de esta forma se facilita su identificación en los esquemas de proceso y en las especificaciones técnicas, cuando varias partidas correspondan a un mismo equipo todos ellos tendrán el mismo número de posición.

1.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
A.1	Rejilla de impactos	UDS	1	2.500,00	2.500,00
A.2	Compuerta de barras 2,6x1 m accionamiento manual	UDS	1	2.000,00	2.000,00
A.3	Cinta Extractora 5m B:1.200mm	UDS	1	23.500,00	23.500,00
A.3	Variador de Frecuencia ABB	UDS	1	1.919,00	1.919,00
A.3	Motor 11kW ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	870,00	870,00
A.4	Cinta transportadora 75m B:650mm	UDS	1	88.600,00	88.600,00
A.4	Motor 30 kW ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	1.620,00	1.620,00
A.5	Polipasto motorizado de cadena 2000 kg	UDS	5	6.780,00	33.900,00
TOTAL CAPÍTULO 1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....					154.909,00



1.2. TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
B.1	Cinta Transportadora reversible 52,3 m	UDS	1	14.100,00	14.100,00
B.1	Motor 3 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	700,00	700,00
B.2	Cinta Transportadora Reversible 4,4 m	UDS	1	11.600,00	11.600,00
B.2	Motor 3 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	700,00	700,00
B.3	Filtro QT/A5 Completo REDECAM	UDS	1	15.950,00	15.950,00
B.3	tubería DN150	M	30	40,00	1.200,00
B.4/9/14	Ind nivel máxima H+E Soliphant FTM	UDS	3	2.000,00	6.000,00
B.5/10/15	Ind nivel continua SIEMENS LR400	UDS	3	4.000,00	12.000,00
B.7	Tajadera tamaño 800	UDS	1	1.300,00	1.300,00
B.12	Tajadera tamaño 600	UDS	1	1.000,00	1.000,00
B.17	Tajadera tamaño 600	UDS	1	1.000,00	1.000,00
B.8	Dosificadora clinker SCHENCK MTD 1020 T60	UDS	1	15.620,00	15.620,00
B.13	Dosificadora yeso SCHENCK MTD 08020 T60	UDS	1	14.244,00	14.244,00
B.18	Dosificadora caliza SCHENCK MTD 1020 T60	UDS	1	15.620,00	15.620,00
B.8/13/18	Cabina dosificadoras	UDS	1	17.853,00	17.853,00
B.20	Filtro QT/A5 Completo REDECAM	UDS	1	15.950,00	15.950,00
B.20	tubería DN150	M	42	40,00	1.680,00
B.21	Cinta Transportadora 650mm 78,9 m	UDS	1	54.000,00	54.000,00
B.21	Motor 30 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	1.620,00	1.620,00
B.21	Caja de piedras	KG	120	2,40	288,00

TOTAL CAPÍTULO 2 TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS.....202.425,00



1.3. MOLIENDA DE CEMENTO

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C.1	Quemador de Gases PILLARD	UDS	1	175.800,00	175.800,00
C.2	Conductos y chimenea	KG	9126	2,4	21.902,40
C.3	Registro Motorizado Aire Fresco	UDS	1	7.800,00	7.800,00
C.4/5	Válvula de regulación motorizada	UDS	2	4.123,00	8.246,00
C.6	Molino D4,2 x 13,75 con cámara presecado	UDS	1	1.640.000,00	1.640.000,00
C.6	Central Lubricación	UDS	1	45.000,00	45.000,00
C.6	Motor 3600 Kw ABB 1000 rpm	UDS	1	250.000,00	250.000,00
C.6	Blindaje Fondo Entrada MAGOTTEAUX	UDS	1	34.395,00	34.395,00
C.6	Blindaje Cámara de presecado MAGOTTEAUX	UDS	1	17.279,00	17.279,00
C.6	Blindaje MAGOTTEAUX Xlift 1ª Cámara incluyendo tornillería L=3,8m + 2%reserva	M	3,9	23.052,00	89.902,80
C.6	Tabique central Opticontrol MAGOTTEAUX	UDS	1	80.784,00	80.784,00
C.6	Blindaje MAGOTTEAUX Xclass 2ª Cámara incluyendo tornillería L=8,8m + 2%reserva	M	9	12.636,00	113.724,00
C.6	Tabique salida Optimex MAGOTTEAUX	UDS	1	58.385,00	58.385,00
C.6	Cuerpos Moledores MAGOTTEAUX 1ª Maxicrom 62t+5% de reserva	KG	65	1.608,00	104.520,00
C.6	Cuerpos Moledores MAGOTTEAUX 2ª Hardalloy 144t+5% de reserva	KG	151	1.109,00	167.459,00
C.6	Escucha electrónica Molino	UDS	1	1.195,78	1.195,78
C.7	P.Electrico 2000 kg	UDS	1	6.780,00	6.780,00
C.9	Clapeta	UDS	1	3.500,00	3.500,00
C.10	Filtro DPM 22 x 10/4,5	UDS	1	68.200,00	68.200,00
C.10	Calderería Filtro DPM 22 x 10/4,5	KG	45.000,00	2,4	108.000,00
C.10	Calorifugado	M	220	73	16.060,00
C.11	Ventilador Flack 48000m3 110kW	UDS	1	20.760,00	20.760,00
C.11	Motor 110 Kw ABB	UDS	1	5.500,00	5.500,00
C.11	Variador ACS800 110kW	UDS	1	14.500,00	14.500,00
C.12	Aero T-500 Cerrado		4	250	1.000,00
C.12	Cabeza de descarga T-500	UDS	1	290	290,00
C.12	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
C.12	Puerta Visita aeros	UDS	1	30	30,00
C.12	Mot Vent. Aero 0,75 kW	UDS	1	890	890,00
C.12	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.12	Conductos	UDS	1	500	500,00



POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C.13	Elevador 800 h:31,838	UDS	1	90.400,00	90.400,00
C.13	Motor 75 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	3.700,00	3.700,00
C.13	Variador 75 kW ACS800-01-0050-3	UDS	1	8.700,00	8.700,00
C.14	P.Electrico 2000 kg	UDS	1	6.780,00	6.780,00
C.15	Filtro QT/A3 Completo REDECAM	UDS	1	13.560,00	13.560,00
C.16	Aero T-500 Cerrado	M	9	260	2.340,00
C.16	Bote desvío E1-S1 D750 T-400	UDS	1	3.581,00	3.581,00
C.16	Soporte Aeros	UDS	2	100	200,00
C.16	Puerta Visita aeros	UDS	3	30	90,00
C.16	Mot Vent. Aero 0,75 kW	UDS	1	890	890,00
C.16	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.16	Conductos	UDS	1	500	500,00
C.16	Aero T-300 Cerrado	M	3	215	645,00
C.16	Cabeza de descarga T-300	UDS	2	245	490,00
C.17	Separador Sturtevant SD110 110 kW	UDS	1	255.500,00	255.500,00
C.17	Motor 110 Kw ABB 1500 rpm/380V	UDS	1	5.500,00	5.500,00
C.17	VARIADR 110kW ACS800-07-0100-3	UDS	1	14.500,00	14.500,00
C.17	Densit	M2	70	400	28.000,00
C.18	Registro Motorizado Aire	UDS	1	5.000,00	5.000,00
C.19	Válvula de regulación	UDS	1	4.123,00	4.123,00
C.20	Aero T-200 Cerrado	M	6	215	1.290,00
C.20	Cabeza de descarga T-200	UDS	1	245	245,00
C.20	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
C.20	Puerta Visita aeros	UDS	2	30	60,00
C.20	Mot Vent. Aero 4 kW	UDS	1	1.020,00	1.020,00
C.20	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.20	Conductos	UDS	1	500	500,00
C.20	Aero T-200 Cerrado	M	5	240	1.200,00
C.20	Cabeza de descarga T-400	UDS	1	275	275,00
C.20	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
C.20	Puerta Visita aeros	UDS	2	30	60,00
C.20	Mot Vent. Aero 4 kW	UDS	1	1.020,00	1.020,00
C.20	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.20	Conductos	UDS	1	500	500,00



POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
C.20	Aero T-200 Cerrado	M	5	240	1.200,00
C.20	Cabeza de descarga T-400	UDS	1	275	275,00
C.20	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
C.20	Puerta Visita aeros	UDS	2	30	60,00
C.20	Mot Vent. Aero 4 kW	UDS	1	1.020,00	1.020,00
C.20	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.20	Conductos	UDS	1	500	500,00
C.21	Caudalímetro Shenck G-400	UDS	1	6.203,00	6.203,00
C.22	Filtro DPM 60 x 12/4,5	UDS	1	166.600,00	166.600,00
C.22	Calderería Filtro DPM 60 x 12/4,5	KG	82.000,00	2,4	196.800,00
C.23	Ventilador Flack 182000m3 355kW	UDS	1	29.285,00	29.285,00
C.23	Motor 355 KW ABB	UDS	1	17.125,00	17.125,00
C.23	Variador ACS800 355 kW	UDS	1	66.500,00	66.500,00
C.24	Conductos y canaletas y chimeneas	KG	51.000,00	2,4	122.400,00
C.25	Caídas y resbaladeras	KG	3.200,00	2,4	7.680,00
C.26	Aero T-200 Cerrado	M	16	215	3.440,00
C.26	Cabeza de descarga T-200	UDS	1	245	245,00
C.26	Soporte Aeros	UDS	4	100	400,00
C.26	Puerta Visita aeros	UDS	5	30	150,00
C.26	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	2	890	1.780,00
C.26	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.26	Conductos	UDS	1	1.000,00	1.000,00
C.26	Resbaladera	KG	400	2,4	960,00
C.27	Aero T-200 Cerrado	M	15	215	3.225,00
C.27	Cabeza de descarga T-200	UDS	1	245	245,00
C.27	Soporte Aeros	UDS	4	100	400,00
C.27	Puerta Visita aeros	UDS	5	30	150,00
C.27	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	2	890	1.780,00
C.27	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
C.27	Conductos	UDS	1	1.000,00	1.000,00

TOTAL CAPÍTULO 3 MOLIENDA DE CEMENTO.....4.144.734,98



1.4. SILO DE ALMACENAMIENTO

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D.1	Filtro QT/A2 Completo REDECAM	UDS	1	13.180,00	13.180,00
D.1	tubería DN150	M	30	40	1.200,00
D.2	Elevador de cangilones 500, 56m	UDS	1	70.452,00	70.452,00
D.2	Motor 75 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	1	3.700,00	3.700,00
D.2	VARIADR 75kW	UDS	1	8.700,00	8.700,00
D.3	P.Electrico 2000 kg	UDS	1	6.780,00	6.780,00
D.4	Filtro QT/A1 Completo	UDS	1	9.280,00	9.280,00
D.4	tubería DN150 con soportes	M	30	40	1.200,00
D.5	Aero T-200 Cerrado	M	10	215	2.150,00
D.5	Soporte Aeros	UDS	3	100	300,00
D.5	Puerta Visita aeros	UDS	3	30	90,00
D.5	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	2	1.000,00	2.000,00
D.5	Pieza salida motoventilador	UDS	2	120	240,00
D.5	Conductos	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.5	Cabeza de descarga T-200	UDS	1	245	245,00
D.6	Filtro QS/A1 Completo REDECAM	UDS	1	9.720,00	9.720,00
D.7	Val. segur. presión-depresión	UDS	1	3.000,00	3.000,00
D.8	Ind nivel máxima H+E Soliphant FTM51	UDS	1	2.000,00	2.000,00
D.9	Ind nivel máxima	UDS	1	2.000,00	2.000,00
D.10	Ind n. continua SIEMENS LR400	UDS	1	4.000,00	4.000,00
D.11	Puerta techo silo	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.12	Aero T-200 Abierto	M	300	120	36.000,00
D.12	tubería DN50 con soportes	M	106	21	2.226,00
D.12	Elementos Fijación Aeros	M	300	20	6.000,00
D.13/14/15	Soplante Aerzen 9,5m3/min 600mbar	UDS	3	5.290,00	15.870,00
D.13/14/15	Motor 15 Kw ABB 1500 rpm 4 Pol	UDS	3	981	2.943,00
D.13/14/15	Cabina insonorización	UDS	3	2.130,00	6.390,00
D.13/14/15	Tramos de tubería DN 100 y soportes	M	87	37	3.219,00
D.13/14/15	Válvula de mariposa DN 100; accionamiento manual, equipadas con bridas y tornillos	UDS	10	190	1.900,00
D.13/14/15	Colector con entrada DN 100 y salida DN 50	UDS	6	244	1.464,00
D.13/14/15	Válvula de esfera 2"; accionamiento manual	UDS	44	11	484,00
D.13/14/15	Mts de tubería DN 50 con soportes	M	108	21	2.268,00



POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D.13/14/15	Válvulas de mariposa DN 50; con accionamiento electroneumático, equipadas con bridas y tornillos	UDS	6	145,88	875,28
D.13/14/15	Válvula de esfera 1/2"; accionamiento manual	UDS	10	1,5	15,00
D.13/14/15	Manómetro Ø 100mm.0-1 bar-espiga-G=1/2" con glicerina	UDS	2	87	174,00
D.13/14/15	Presostato DAN FOSS RT-112 17-5191 de 0 a 0,6 bar	UDS	1	124,55	124,55
D.13/14/15	Mts de tubería DN15	M	15	13,62	204,30
D.13/14/15	Válvula de esfera 1"; accionamiento manual	UDS	2	3,35	6,70
D.13/14/15	Mts de tubería DN25	M	6	3,2	19,20
D.13/14/15	Válvula de esfera 1 1/4"; accionamiento manual	UDS	2	4,7	9,40
D.16	Embebidos y piezas de hurgeo	KG	10.000,00	4,5	45.000,00
D.17	Puerta inspección exterior silo	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.18	Puerta inspección cilindro interior	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.18	Cono eliminación presiones interior silo	KG	26000	2,4	62.400,00
D.19	Filtro QT/A3 Completo REDECAM	UDS	1	13.560,00	13.560,00
D.19	tubería DN150	M	9	40	360,00
D.20	Tajadera 400mm fondo fluidif M	UDS	1	3.500,00	3.500,00
D.21	Compuerta sector 400mm neu	UDS	1	4.160,00	4.160,00
D.22	Compuerta sector 400mm mot	UDS	1	5.400,00	5.400,00
D.23	Tajadera 400mm fondo fluidif M	UDS	1	3.500,00	3.500,00
D.24	Compuerta sector 400mm neu	UDS	1	4.200,00	4.200,00
D.25	Compuerta sector 400mm mot	UDS	1	5.400,00	5.400,00
D.26	Un bote de descarga 1E/1S 500	UDS	1	3.200,00	3.200,00
D.27	Tajadera 400mm fondo fluidif M	UDS	1	3.500,00	3.500,00
D.28	Compuerta sector 400mm neu	UDS	1	4.160,00	4.160,00
D.29	Compuerta sector 400mm mot	UDS	1	5.400,00	5.400,00
D.30	Aero T-200 Cerrado	M	3	215	645,00
D.30	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
D.30	Puerta Visita aeros	UDS	1	30	30,00
D.30	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	1	1.000,00	1.000,00
D.30	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
D.30	Conductos	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.30	Bote de descarga	UDS	1	500	500,00
D.31	Filtro QT/A2 Completo REDECAM	UDS	1	13.180,00	13.180,00
D.31	tubería DN150	M	5	40	200,00



POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
D.32	Aero T-100 Cerrado	M	9	180	1.620,00
D.32	Soporte Aeros	UDS	3	100	300,00
D.32	Puerta Visita aeros	UDS	3	30	90,00
D.32	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	1	1.000,00	1.000,00
D.32	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
D.32	Conductos	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.33	Carga a granel motorizada Beumer	UDS	1	4.200,00	4.200,00
D.34	Bascula de camiones Schenck 3x16 DFA 1630, 16x3 m	UDS	1	8.800,00	8.800,00
D.35	Tajadera 400mm fondo fluidif M	UDS	1	3.500,00	3.500,00
D.36	Compuerta sector 400mm neu	UDS	1	4.160,00	4.160,00
D.37	Compuerta sector 400mm mot	UDS	1	5.400,00	5.400,00
D.38	Aero T-200 Cerrado	M	3	215	645,00
D.38	Soporte Aeros	UDS	1	100	100,00
D.38	Puerta Visita aeros	UDS	1	30	30,00
D.38	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	1	1.000,00	1.000,00
D.38	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
D.38	Conductos	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.38	Bote de descarga	UDS	1	500	500,00
D.39	Filtro QT/A2 Completo	UDS	1	13.180,00	13.180,00
D.39	tubería DN150	M	5	40	200,00
D.40	Aero T-100 Cerrado	M	9	180	1.620,00
D.40	Soporte Aeros	UDS	3	100	300,00
D.40	Puerta Visita aeros	UDS	3	30	90,00
D.40	Mot Vent. Aero 1,5 kW	UDS	1	1.000,00	1.000,00
D.40	Pieza salida motoventilador	UDS	1	120	120,00
D.40	Conductos	UDS	1	1.500,00	1.500,00
D.41	Carga a granel motorizada Beumer	UDS	1	4.200,00	4.200,00
D.42	Bascula de camiones Schenck 3x16 DFA 1630, 16x3 m	UDS	1	8.800,00	8.800,00
D.43/44	Bascula de camiones Schenck 3x16 DFA 1630, 16x3 m	UDS	2	8.800,00	17.600,00

TOTAL CAPÍTULO 4 SILO DE ALMACENAMIENTO.....490.639,43



1.5. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Compresor ATLAS COPCO GA-45+work/7,5/380/ELII	UDS	2	19.317,60	38.635,20
	Deposito galvanizado LV-1500/11	UDS	1	2.474,50	2.474,50
	Pre-Filtro DD-150 STD DPG	UDS	1	864,50	864,50
	Secador frigorífico FD-170 STD 230V	UDS	1	5.593,00	5.593,00
	Pos-Filtro PD150 STD DPG	UDS	1	864,50	864,50
	Red de tuberías aire comprimido	M	960	30,00	28.800,00

TOTAL CAPÍTULO 5 AIRE COMPRIMIDO.....77.231,70
--



2. MONTAJE.

Debido a la gran cantidad de diferentes equipos y dispositivos que formarán parte de la planta el presupuesto correspondiente al montaje de estos se ha realizado a partir del peso total que se pretende instalar.

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Montaje de equipos	KG	943.000	1,50	1.414.500,00

TOTAL MONTAJE.....	1.414.500,00
--------------------	--------------



3. OBRA CIVIL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE(€)
Edificio del Molino				
Acero Estructura metálica	kg	384990	5,09	1.959.949,09
Acero en chapa estriada	kg	89000	5,09	453.090,91
Chapa plegada galvanizada	m2	784	22,73	17.818,18
Barandilla metálica	m	660	110,00	72.600,00
Peldaño 30x30	m	358	240,00	85.920,00
Excavación de tierras	m3	1150	7,27	8.363,64
Hormigón en rellenos	m3	587	102,18	59.980,73
Acero Armadura cimentación	kg	17700	1,35	23.975,45
Hormigón en cimentación	m3	303	117,45	35.588,73
Relleno de tierra con productos de la excavación	m3	262	23,18	6.073,64
Encofrado para cimentación	m2	250	14,45	3.613,64
Total edificio				2.726.974,00
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Macizo del Molino				
Excavación de tierras	m3	772,22	7,27	5.616,15
Relleno de tierra	m3	142	23,18	3.291,82
Hormigón en rellenos	m3	33,17	102,18	3.389,37
Hormigón en cimentación	m3	597,04	117,45	70.125,06
Hormigón en macizos	m3	354,43	126,64	44.883,73
Relleno de hormigón fluido en bancadas	m3	15,97	155,27	2.479,71
Encofrado para cimentación	m2	167,76	14,45	2.424,89
Encofrado para macizos	m2	505,2	21,73	10.976,62
Encofrado oculto para macizos	m2	81,32	21,73	1.766,86
Formación de cajetines	ud	32	72,36	2.315,64
Encofrado para cajetines	m2	60,48	36,18	2.188,28
Acero Armadura cimentación	kg	78738	1,35	106.654,20
Acero elementos embebidos	kg	328,97	5,09	1.674,76
Total edificio				257.787,07
Silo				



DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE(€)
Excavación de tierras	m3	2423,107	7,27	17.622,60
Relleno de tierra	m3	585	23,18	13.561,36
Hormigón en rellenos	m3	432	102,18	44.142,55
Hormigón en cimentación	m3	692,37	117,45	81.322,00
Encofrado para cimentación	m2	131,88	24,64	3.249,04
Solera	m2	145,19	42,73	6.203,57
Hormigón en pilares	m3	21,5	128,73	2.767,64
Encofrado en pilares	m2	107,52	21,73	2.336,12
Hormigón en losa fondo	m3	195,96	117,45	23.016,39
Encofrado en losa de fondo	m2	278,19	28,91	8.042,22
Volumen cimbrado	m3	1451,94	10,55	15.311,37
Hormigón en piezas prefabricadas	m3	35,28	605,45	21.360,44
Hormigón relleno de juntas entre piezas prefabricadas	m3	3,94	289,45	1.140,45
Sellado juntas piezas prefabricadas	m	98,4	36,18	3.560,29
Montaje piezas prefabricadas	ud	12	729,73	8.756,73
Hormigón en losa coronación del cono	m3	0,71	260,55	184,99
Hormigón en paredes silo	m3	901,25	141,09	127.158,18
Encofrado en losa de coronación	m2	4,13	36,18	149,43
Encofrado curvo deslizante en muros y paredes cámaras	m2	4727,65	45,55	215.322,97
Encofrado en cantos y fondos huecos	m2	14,63	50,64	740,81
Encofrado en forjado cubierta silo	m2	169,63	63,45	10.763,79
Acero Armaduras	kg	75137,02	1,35	101.776,51
Acero en elementos deslizados	kg	122720,87	1,43	175.156,15
Acero elementos embebidos	kg	6126,81	5,09	31.191,03
Impermeabilización de cubierta	m2	183,76	28,55	5.245,51
Mortero protección impermeabilización	m2	183,76	10,27	1.887,72
Imposta prefabricada	m	46,16	143,27	6.613,47
Boca de insuflado	ud	7	361,82	2.532,73
Acero para Estructura metálica	kg	13457,36	5,09	68.510,20
Barandilla metálica	m	46,79	110,00	5.146,90
Total edificio				1.004.773,15
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Torre elevador				
Acero para Estructura metálica	kg	125756,25	5,09	640.213,64



DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE(€)
Acero en chapa estriada	kg	15220	5,09	77.483,64
Chapa plegada galvanizada	m2	1700	22,73	38.636,36
Barandilla metálica	m	206	110,00	22.660,00
Peldaño 30x30	m	100	240,00	24.000,00
Total edificio				802.993,64
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
Cintas y torres de transferencia				
Excavación de tierras	m3	110	7,27	800,00
Relleno de tierra	m3	50	23,18	1.159,09
Hormigón en rellenos	m3	10	102,18	1.021,82
Hormigón en cimentación	m3	50	117,45	5.872,73
Acero Armaduras	kg	6500	1,35	8.804,55
Acero para Estructura metálica	kg	25000	5,09	127.272,73
Rejilla electrosoldada	m2	185	150,00	27.750,00
Chapa plegada galvanizada	m2	200	22,73	4.545,45
Barandilla metálica	m	100	110,00	11.000,00
Peldaño 30x30	m	30	240,00	7.200,00
Total edificio				195.426,36
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
EDIFICIO TOLVAS				
Encofrado pilares	M2	248,56	33,72	8.381,44
Hormigón pilares	M3	209,79	94,63	19.852,43
Hormigón losa fondo	M3	171,09	94,63	16.190,25
Encofrado vigas y losa	M2	542,39	36,37	19.726,72
Volumen de cimbrado soporte losa	M3	2.543,94	29,79	75.783,97
Acero	KG	49.514,40	1,15	56.941,56
Recidido de placas de anclaje	UD	7,00	21,38	149,66
Formación de cajetines	UD	54,00	97,18	5.247,72
Formación bancada	M2	3,43	15,27	52,38
Volumen de cimbrado puntales	M3	877,61	32,00	28.083,52
Colocación de cerrajerías	UD	32,00	26,73	855,36
Encofrado muros y losas tolvas	M2	1.039,06	46,94	48.773,48
Fabrica bloque hormigón	M2	82,80	41,24	3.414,67



DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	UNIDADES	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE(€)
Placas de anclaje	UD	7,00	30,00	210,00
Trampilla de boca de tolva	Ud	3,00	723,00	2.892,00
Cerrajería	Ud	1,00	5.500,00	5.500,00
Relleno de productos de excavación	M3	53,76	3,44	184,93
Excavación de tierras en cimentación y fosos	M3	862,12	25,80	22.242,70
Hormigón en capa	M3	14,79	80,40	1.189,12
Hormigón en losa fondo	M3	100,99	83,50	8.432,67
Hormigón en muros	M3	146,44	94,63	13.857,62
Encofrado en muros	M2	595,89	22,91	13.651,84
Encofrado vigas y losa	M2	70,88	36,37	2.577,91
Acero	KG	18.784,50	1,15	21.602,18
Recidido de placas de anclaje	UD	20,00	21,38	427,60
Volumen de cimbrado puntales	M3	229,52	32,00	7.344,64
Junta de retracción estanca	ML	28,40	8,92	253,33
Suministro de cerrajerías	UD	1,00	1.199,26	1.199,26
Impermeabilización foso de cuña de materias primas	M2	140,00	29,40	4.116,00
Demolición solera	M2	174,68	10,00	1.746,80
Solera	M2	29,11	24,43	711,16
Peldaño de hormigón	MI	42,00	24,00	1.008,00
Total edificio				392.600,89

TOTAL OBRA CIVIL.....5.450.529,60



4. ELECTRICIDAD

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(€)	IMPORTE(€)
Centro de Transformación. Trafo, celdas y cabina de media tensión	UDS	1	366.300,00	366.300,00
Subestaciones	UDS	1	305.600,00	305.600,00
Acometidas desde C.T. a Subestaciones	UDS	1	345.000,00	345.000,00
Centro control de motores. Molienda y compensación reactiva.	UDS	1	286.700,00	286.700,00
Cuadros PLC	UDS	1	171.600,00	171.600,00
Instalación de campo	UDS	1	440.900,00	440.900,00
Instrumentación (sin indicadores de nivel)	UDS	1	29.500,00	29.500,00
Red de comunicaciones	UDS	1	6.000,00	6.000,00
Puesto de mando y control	UDS	1	53.700,00	53.700,00
Alumbrado	UDS	1	89.900,00	89.900,00
Red general de tierras	UDS	1	32.600,00	32.600,00
Instalación de pararrayos	UDS	1	5.400,00	5.400,00
Tomas de soldadura	UDS	1	13.400,00	13.400,00
Programación e Ingeniería Eléctrica.	UDS	1	177.100,00	177.100,00
Pruebas en vacío y Puesta en Marcha.	UDS	1	29.600,00	29.600,00

TOTAL ELECTRICIDAD.....2.353.300,00



5. SEGURIDAD Y SALUD

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE(€)
Protecciones Individuales	UDS	1	9.315,60	9.315,60
Protecciones Colectivas	UDS	1	5.099,70	5.099,70
Extinción De Incendios	UDS	1	1141,90	1141,90
Protección Instalación Eléctrica	UDS	1	1202,00	1202,00
Instalación Higiene Y Seguridad	UDS	1	3.943,65	3.943,65
MEDICINA PREVENTIVA 1º AUXILIOS	UDS	1	1820,10	1820,10
Formación Reuniones Obl. Cumplim	UDS	1	10696,80	10696,80
TOTAL SEGURIDAD Y SALUD.....				33.219,75



6. RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	EQUIPOS	5.069.940,11
2	MONTAJE	1.414.500,00
3	OBRA CIVIL	5.450.529,60
4	ELECTRICIDAD	2.353.300,00
5	SEGURIDAD Y SALUD	33.219,75

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL

14.321.489,46 €

El presente Presupuesto asciende a la cantidad de CATORCE MILLONES TRESCIENTOS VEINTIUN MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

CONCLUSIONES



De acuerdo al estudio que se ha venido realizando a lo largo del presente proyecto, se puede concluir que se ha logrado el objetivo propuesto ya que la instalación completa ha sido diseñada correctamente de acuerdo a la normativa aplicable en cada caso y calculándola en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

El presente proyecto ha servido como desarrollo de diferentes materias y conocimientos que han sido aplicados para realizar la implantación de una planta de molienda de cemento pero podrían aplicarse igualmente para realizar la implantación de cualquier otro tipo de industria o proceso industrial.

Finalmente afirmar que el proyecto presentado sería apto en la realidad para el desarrollo de las obras de implantación de una planta de molienda de cemento.

BIBLIOGRAFÍA



- Agrupación de Fabricantes de Cemento de España:
<http://www.oficemen.com/eventos/inicio.php>
- ÁLVAREZ-CASCOS GARCÍA-MAURIÑO, Enrique. *Optimización de una instalación de molienda de cemento*, 1994.
- DIAZ LOPEZ, Vicente, et al. *Transportes*. Madrid: Universidad nacional de educación a distancia, 2006. 552p.
- DUDA, Walter H. *Manual tecnológico del cemento*. Antonio Sarabia Gonzalez (trad.). Barcelona: Editores técnicos asociados S. A., 1977.
- FUEYO, Luís. *Equipos de trituración molienda y clasificación: tecnología, diseño y aplicación*. Editorial Rocas y Minerales, 2002. 371p.
- GUTIÉRREZ LANZA, Hortensia. *Estudio de impacto ambiental de una planta de molienda, ensacado y expedición de cemento gris en la provincia de Toledo*, 2005.
- GUTIÉRREZ LANZA, Manuel. *Diseño de una instalación de molienda, almacenamiento y expedición de cemento en La Coruña.*, 2006
- IECA, Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones: <http://www.ieca.es/inicio.php>
- LABAHN, O., *Prontuario del cemento*. Barcelona: Editores técnicos asociados S. A., 1985. 1016p.
- LÓPEZ PECIÑA, Darío. *Molienda en las fábricas de cemento*.
- LOPEZ ROA, Agustín. *Cintas transportadoras*. Madrid: CIE inversiones editoriales dossat-2000, S.L., 2002. 384p.



- LOPEZ ROA, Agustín. *Materiales sólidos a granel: clasificación y propiedades de los mismos desde el punto de vista de su transporte continuo y almacenamiento*. Madrid: A. L. R, 2005. 75p.
- LOPEZ ROA, Agustín. *Transporte mecánico continuo de materiales sólidos a granel : excepto cintas transportadoras*. Madrid: A. L. R. , 2004. 193p.
- LYNCH, A. J. *Circuitos de trituración y molienda de minerales: su simulación, optimización, diseño y control*. D. W. Fuerstenau (ed. Consejero); Laureano Fueyo Cuesta (trad.). Madrid: Editorial Rocas y Minerales, 1980. 343p.
- Ministerio de medio ambiente: *Guía de mejores técnicas disponibles en España de fabricación de cemento*, 2004.
- SANJUÁN BARBUDO, Miguel Ángel. *El cemento portland : fabricación y expedición*. Alicante: Universidad de Alicante, 2004.

ANEXO 1: MEMORIA AMBIENTAL



1. INTRODUCCIÓN.

El presente Informe ambiental se redacta con el objeto de determinar las afecciones que sobre los distintos elementos del medio pueden ocurrir como consecuencia de la construcción de una planta de molienda de cemento en Yeles.

A la hora de determinar las posibles afecciones que el proyecto va a originar sobre el medio se va a tener en cuenta tanto la fase de construcción como en la fase de funcionamiento de la planta.

Una vez realizado el estudio de las acciones que puedan resultar negativas sobre el medio, se propondrán una serie de medidas destinadas a minimizar las posibles afecciones que se originen sobre el medio.

La actividad objeto del presente proyecto no está sometida a la realización de una evaluación de impacto ambiental según lo recogido en la legislación ambiental de aplicación:

- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2008,. de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Ley de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha 4/2007, de 8 de marzo, de Evaluación Ambiental.

No obstante, se ha considerado oportuno elaborar un Informe Ambiental en el que se detallen las acciones que producirán impactos en el entorno, tanto en la fase de construcción como en la de explotación.

De todas estas acciones, las que se han considerado más relevantes desde el punto de vista de los impactos son aquellas que producen aumento de los niveles de emisión e inmisión de partículas de polvo y cemento, durante las obras y en la fase de explotación.



2. FASE DE OBRA.

A continuación se enumeran las posibles causas capaces de afectar o modificar el entorno. Para paliar los posibles efectos se dispondrán en cada caso las pertinentes medidas correctoras.

2.1. CAUSAS Y EFECTOS.

- Tráfico de vehículos pesados.
- Ruido.
- Vertidos de hormigón.
- Volúmenes de excavación.
- Polvo.
- Accesos.

Este conjunto de causas en la Fase de Obra son en general transitorias. Su efecto permanece durante un limitado periodo de tiempo.

El acceso a la parcela se realiza a través de los viales del polígono de Rustica 8 en el término municipal de Yeles, por lo que no es necesaria la creación de accesos principales a las distintas áreas de la obra, si bien se dispondrán de unos provisionales que más adelante, junto con la urbanización interior de la parcela pasarán a ser los definitivos de la industria.

En cuanto al tráfico de vehículos pesados que va a concurrir en el entorno, el número de circulaciones será mayor, aunque no excesivo debido al reducido movimiento de tierras. Lógicamente, el ruido es inherente al uso de maquinaria de obras públicas. Así mismo, el tránsito de dichos vehículos por caminos no asfaltados origina el levantamiento de nubes de polvo que pueden ser mayores si coincide con días ventosos.



2.2. MEDIDAS CORRECTORAS.

Seguidamente se citan las medidas más comunes, y a la vez sencillas, para paliar si no anular, los posibles efectos producidos en el entorno por las causas mencionadas en el apartado precedente.

Se deberán realizar riegos periódicamente en los caminos de tránsito de vehículos para evitar en lo posible la producción de polvo. Así mismo, las cajas de los camiones de transporte con productos procedentes de la excavación deberán in cubiertos con lonas.

Se dispondrá dentro de la finca un lugar para el lavado de las cubas de hormigón de tal forma que al finalizar las obras pueda ser retirado a vertedero.

Se vigilará que tanto vehículos de transporte como la maquinaria de obras públicas propiamente dicha tengan sus carenados y protecciones acústicas en perfecto estado.

3. FASE DE EXPLOTACIÓN.

3.1. CAUSAS Y EFECTOS.

- Tráfico de vehículos.
- Ruidos.
- Polvo.
- Vertidos de aguas fecales.

El tráfico de vehículos en este caso tiene en parte las connotaciones de la fase de obra para todos aquellos de transporte de materias primas. No obstante, se producirá en mayor medida la circulación de cisternas para carga de cemento a granel, que son transportes más limpios desde el punto de vista de la carga, que los anteriores.

El impacto acústico producido en esta fase es debido al tráfico.

De las causas mencionadas la más preocupante y primordial, por sus efectos negativos, es la producción de polvo. Este polvo se produce con el trasiego de los distintos materiales, en todas la caídas de material a distinto nivel en tolvas y tolvinas.



De otro lado están las aguas negras originadas por el personal de la factoría.

La instalación proyectada al no constar de fabricación de clinker no está incluida en el anexo I de la directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad por lo que no será necesario considerar las estimaciones de emisiones de CO₂. Las únicas emisiones de CO₂ en la planta serán las ocasionadas en el quemador del generador de gases calientes.

3.2. MEDIDAS CORRECTORAS

Para reducir tanto la emisión de polvo como de ruidos, se ha determinado que las tareas que más generen este tipo de efectos se encuentren localizadas y cerradas en edificios de la forma más completa y eficaz posible.

Siguiendo con el interés de evitar la difusión de partículas de polvo se dispone adicionalmente aspiración de polvo en las caídas y los filtros precisos. Todos los transportes factibles de su uso se realizan mediante equipos cerrados con aspiración de polvo en puntos específicos.

Los principales filtros dispuestos son los siguientes:

a) Tolvas de almacenamiento:

Filtro de mangas

Caudal de aire máximo	9.000 m ³ /h.
Concentración de polvo a la entrada	30 g/m ³
Concentración de polvo a la salida	10 mg/Nm ³
Número de filtros	2

b) Molienda de cemento:

Filtro de mangas

Caudal de aire	243.000 m ³ /h.
Concentración de polvo a la entrada	30 g/m ³



Concentración de polvo a la salida	10 mg/Nm ³
Número de filtros	3

c) Silo de almacenamiento:

Filtro de mangas

Caudal de aire	12.500 m ³ /h.
Concentración de polvo a la entrada	30 g/m ³
Concentración de polvo a la salida	10 mg/Nm ³
Número de filtros	6

Como medida correctora para el tratamiento de las aguas negras se prevé disponer de una red de colectores interior que confluirá en la red de colectores existente.

El volumen de aguas generado en cualquier caso es muy limitado porque en la factoría no trabajan en período normal más de 10 personas en régimen de turno único.

4. CONCLUSIONES.

Tras el análisis medioambiental del proyecto, sus acciones provocadoras de impacto y las medidas que se llevarán a cabo, se llega a las siguientes conclusiones:

En lo referente a la fase de obra, las afecciones producidas sobre el medio podrían eliminarse o al menos, atenuarse mediante la adopción de una serie de medidas preventivas/correctoras propuestas. Con la adopción de estas medidas, las afecciones ambientales se consideran perfectamente compatibles con el entorno en el que se desarrollan.

Por otro lado, durante la fase de explotación de la planta, hay que destacar de entre las acciones que aparecen aquellas que producen aumento de los niveles de emisión e inmisión de partículas de polvo y cemento.

Este posible aumento de emisiones se solucionará gracias el adecuado diseño de la planta, que cuenta con un sistema propio para eliminación del polvo, utilizando en todo momento las mejores técnicas disponibles. Además, las características constructivas de la

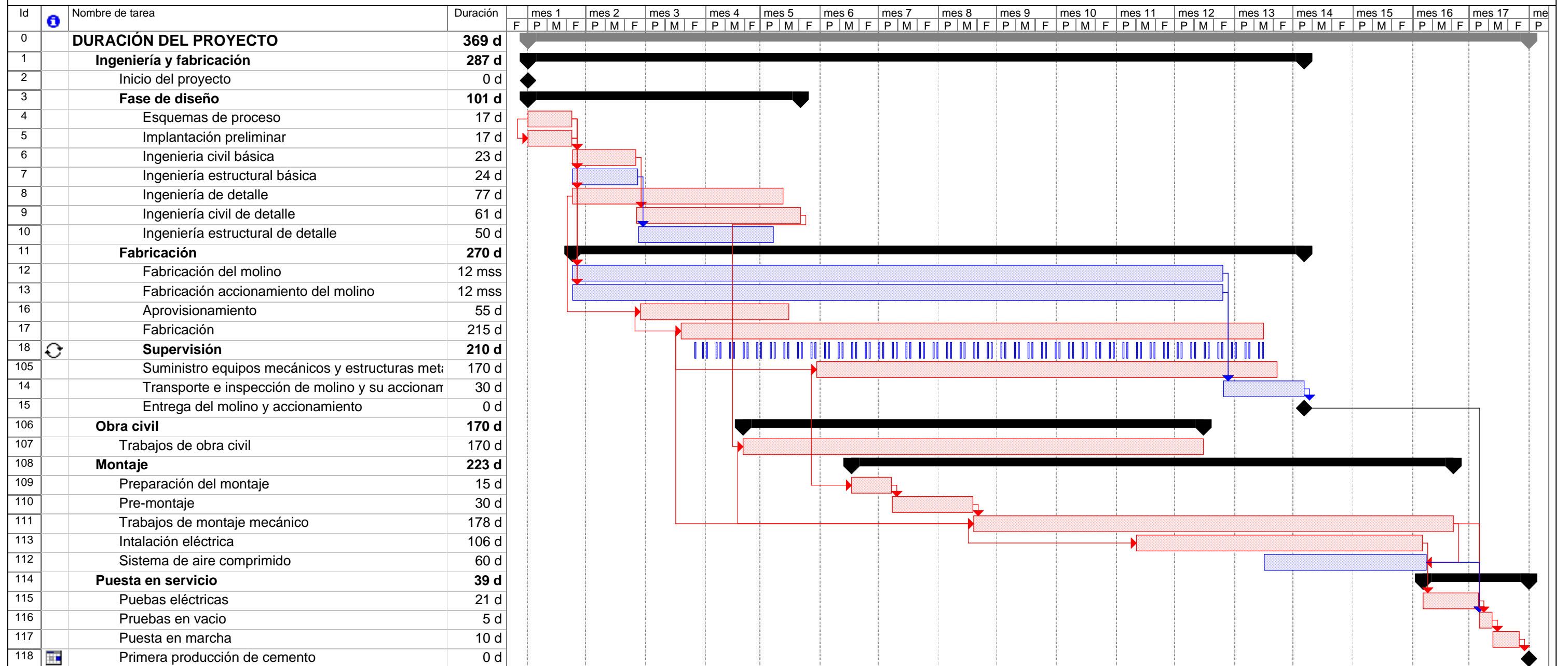


planta buscando que todos los equipos y maquinaria se encuentren a cubierto en edificios cerrados o galerías garantizará que la emisión de partículas de polvo al exterior de la instalación sea prácticamente nula.

Por otro lado, en lo referente al impacto visual causado por la presencia de los edificios y sobre todo del silo por ser el elemento de mayor altura y geometría más característica, este se minimizará mediante la aplicación de técnicas que permitan adaptarlo en forma y cromatismo al entorno, evitando colores llamativos que repercuten negativamente en el paisaje, pintándolo con colores parecidos al ladrillo y la piedra.

ANEXO 2: DIAGRAMA DE GANTT

PROYECTO INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE MOLIENDA DE CEMENTO







UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA


Tarea


Tarea crítica

Progreso

Hito	
Resumen	
Tarea resumida	

Tarea crítica resumida 

Hito resumido 

Progreso resumido 

División
Tareas externas
Resumen del proyecto

Agrupar por síntesis

Fecha límite

Autor:
Verónica Díez Esteban

ANEXO 3: PLANOS

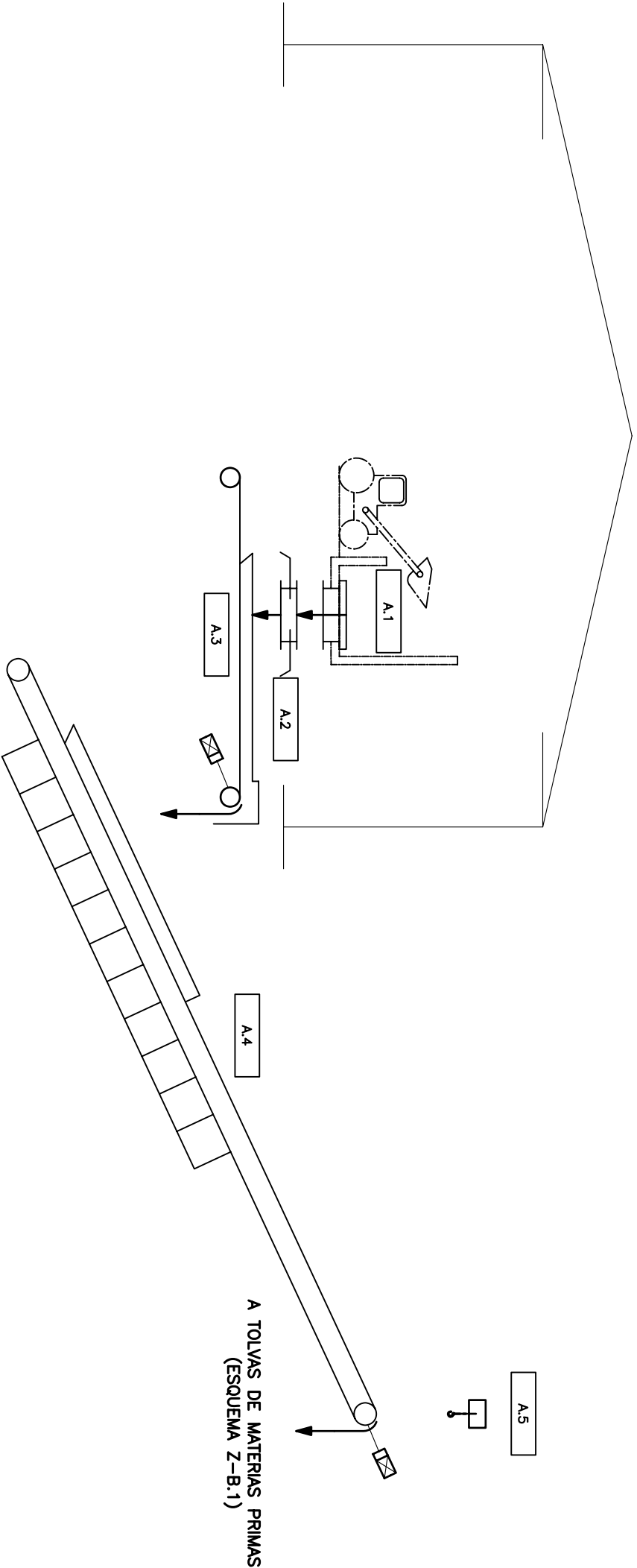



ÍNDICE DE PLANOS

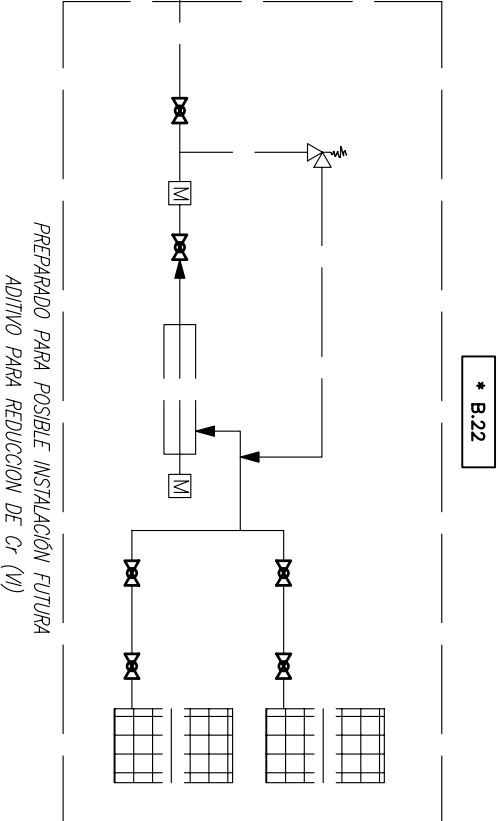
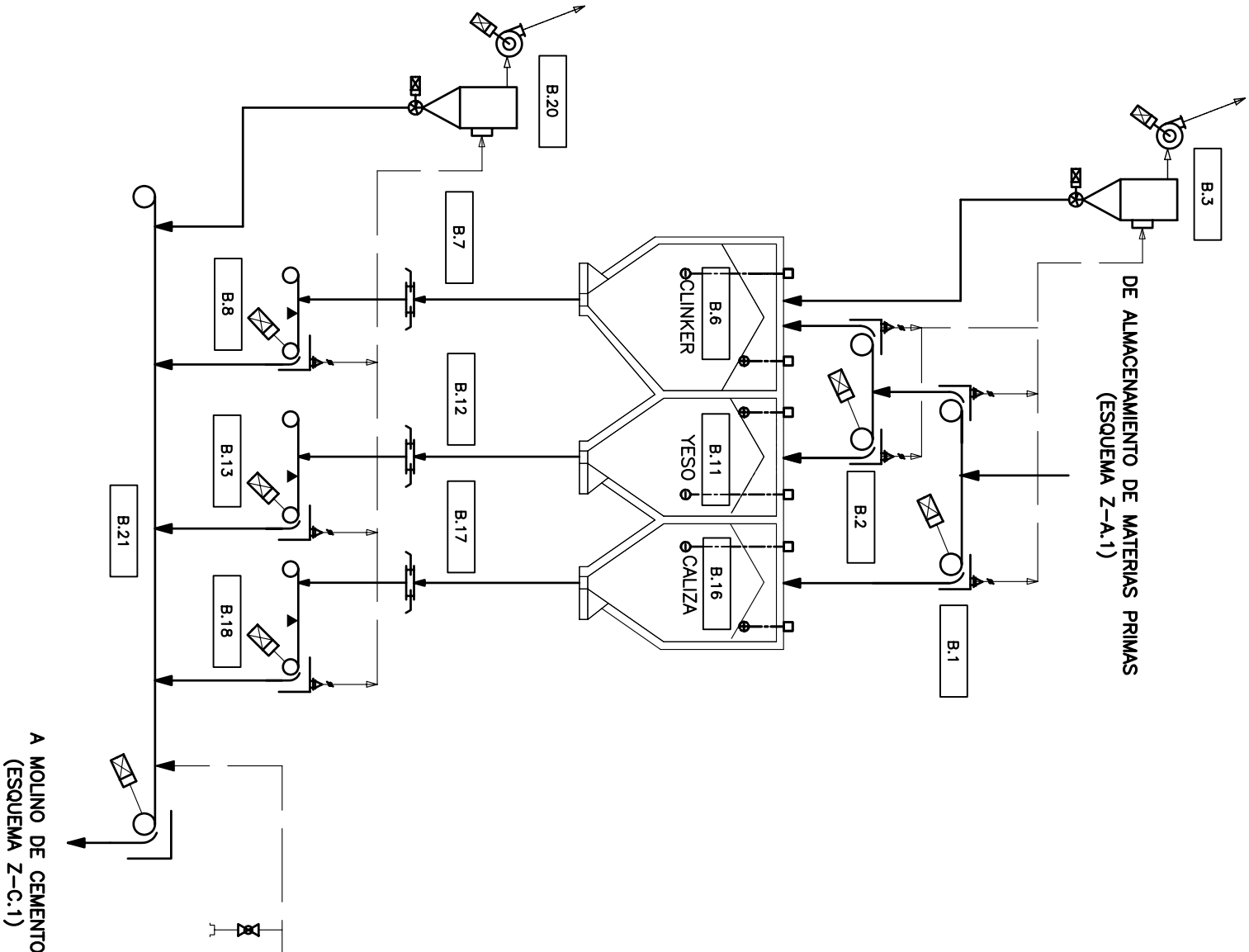
ESQUEMAS DE PROCESO	
Nº PLANO	DESCRIPCIÓN
Z-A.1	ZONA A. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS
Z-B.1	ZONA B. TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS
Z-C.1	ZONA C. MOLIENDA DE CEMENTO
Z-D.1	ZONA D. SILO DE ALMACENAMIENTO
Z-B.2	ZONA B. AIRE COMPRIMIDO
Z-C.2	ZONA C. AIRE COMPRIMIDO
Z-D.2	ZONA D. AIRE COMPRIMIDO





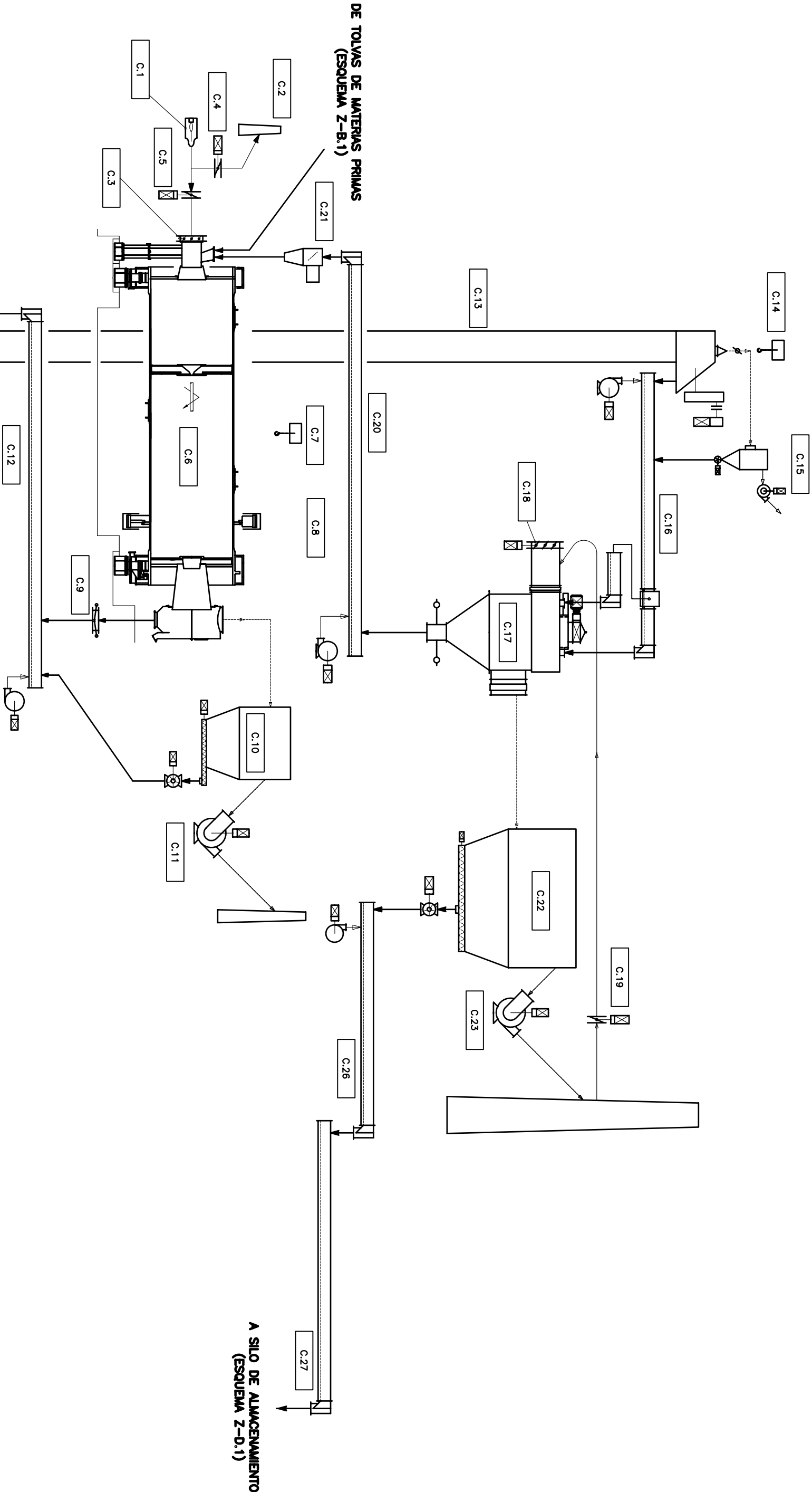
PLANOS	
Nº PLANO	DESCRIPCIÓN
I-0	SITUACIÓN.
I-1	IMPLANTACIÓN.
I-2	PLANTA GENERAL.
I-3	PARQUE DE ALMACENAMIENTO. TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS.
I-4	TOLVA DE MATERIAS PRIMAS. ALIMENTACIÓN TOLVAS.
I-5	TOLVA DE MATERIAS PRIMAS. SECCIONES TOLVAS.
I-6	EDIFICIO DE MOLIENDA. PLANTA.
I-7	EDIFICIO DE MOLIENDA. SECCIÓN F-F.
I-8	EDIFICIO DE MOLIENDA. SECCIÓN G-G.
I-9	EDIFICIO DE MOLIENDA. SECCIÓN H-H.
I-10	SILO DE ALMACENAMIENTO. SECCIONES SILO.
I-11	SILO DE ALMACENAMIENTO. EQUIPOS TECHO SILO.
I-12	SILO DE ALMACENAMIENTO. DESCARGA.
I-13	SALA DE COMPRESORES. SECCIONES.




	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO	
Dibuja	28-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III	
Sustituye a			Verónica Díez Esteban	
Sustituido por:			Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica	
ZONA A				
ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS				
Escala S/E	Plano n.º:			
Nombre fichero: Esquema.Z-A.1				

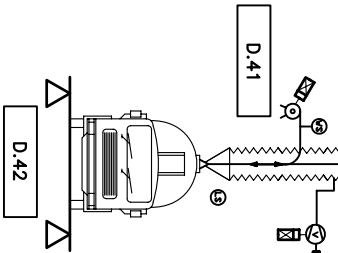
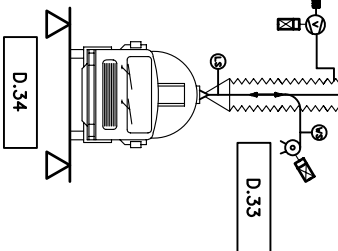
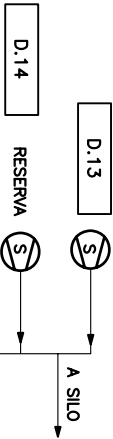
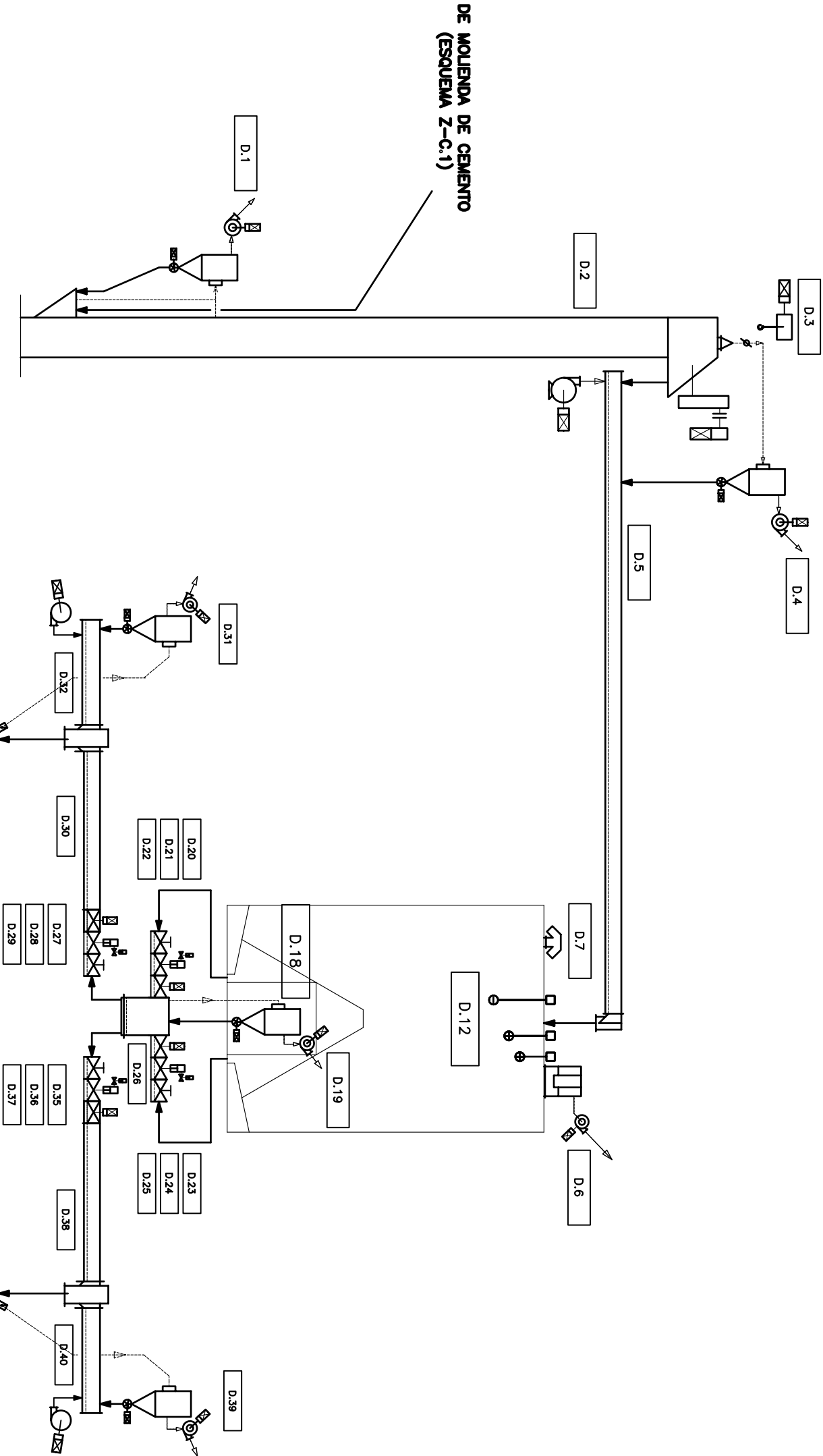


	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO					
Dibuja	27-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III					
Sustituye a								
Sustituido por:								
ZONA B								
							Verónica Díez Esteban	
							Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica	
TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS			Plano n.º:		Z-B.1			
Escala S/E			Nombre fichero: Esquema.Z-B.1		Revisión		Formato	
					0		A3	




	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO	
Dibuja	28-02-08	V.D.E	<div>Universidad Carlos III</div> <div>Verónica Díez Esteban</div> <div>Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica</div> <div></div>	
Sustituye a				
Sustituido por:				

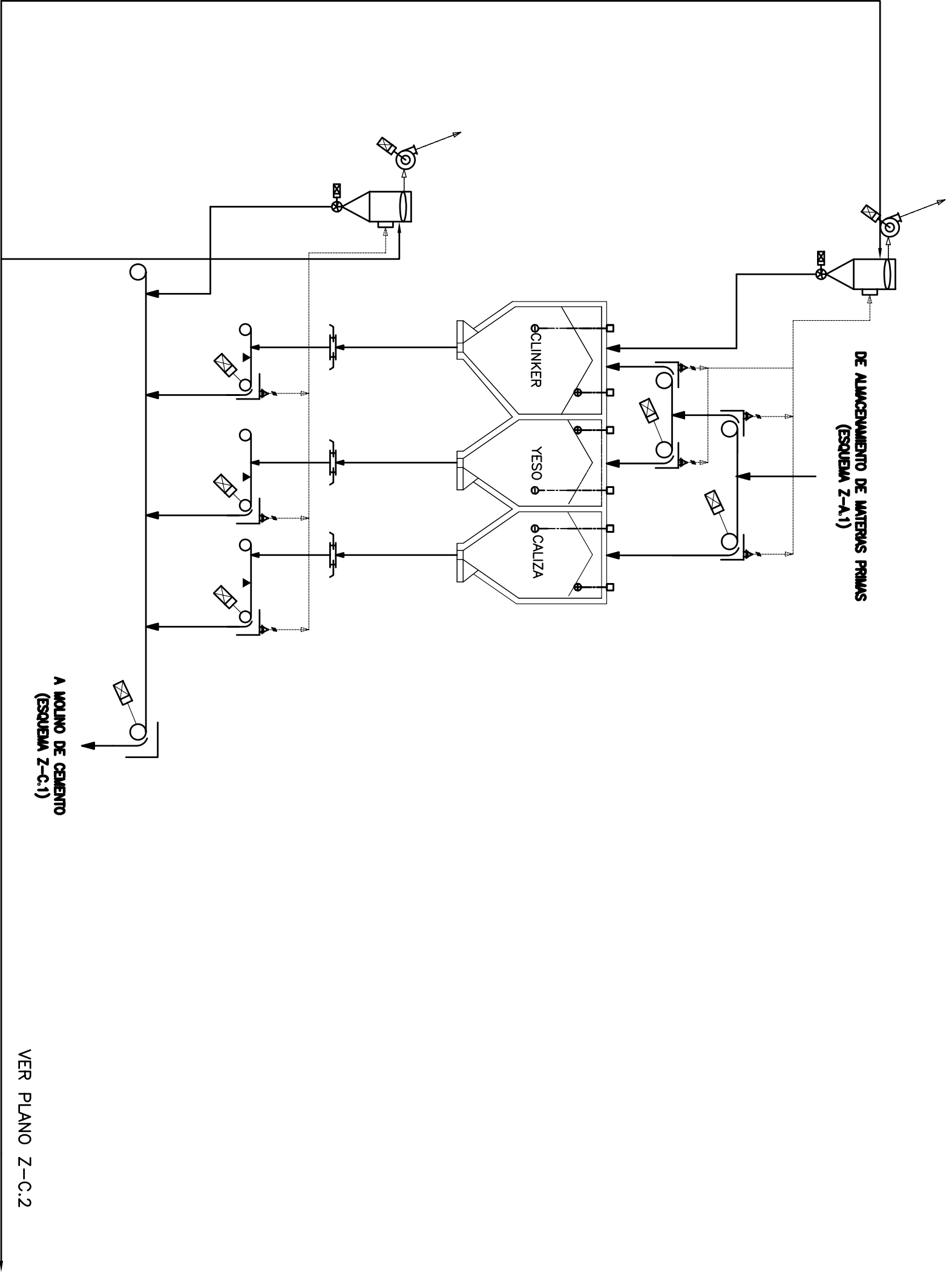
ZONA C				Revisión	Formato
				0	A3
MOLIENDA DE CEMENTO		Plano n.º:		Z-C.1	
Escala S/E	Nombre fichero: Esquema.Z-C.1				




D.43/D.44 Dos básculas puente para entrada/salida

	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO					
Dibuja	29-02-08	V.D.E						
Sustituye a								
Sustituido por:								
Verónica Díez Esteban								
Ingeniería Técnica Industrial — Mecánica								
ZONA D					Revisión		Formato	
Escala	SILO DE ALMACENAMIENTO							
S/E	Plano n.º: Z-D.1							
Nombre fichero: Esquema.Z-D.1								





VER PLANO Z-C.2

	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO			
Dibuja	27-02-08	V.D.E				
Sustituye a						
Sustituido por:		Verónica Díez Esteban				
		Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica				
ZONA B					Revisión	Formato
					0	A3
			ESQUEMA AIRE COMPRIMIDO			Plano n.º:
Z-B.2						
Escala S/E				Nombre fichero: Esquema.Z-B.2		

1

2

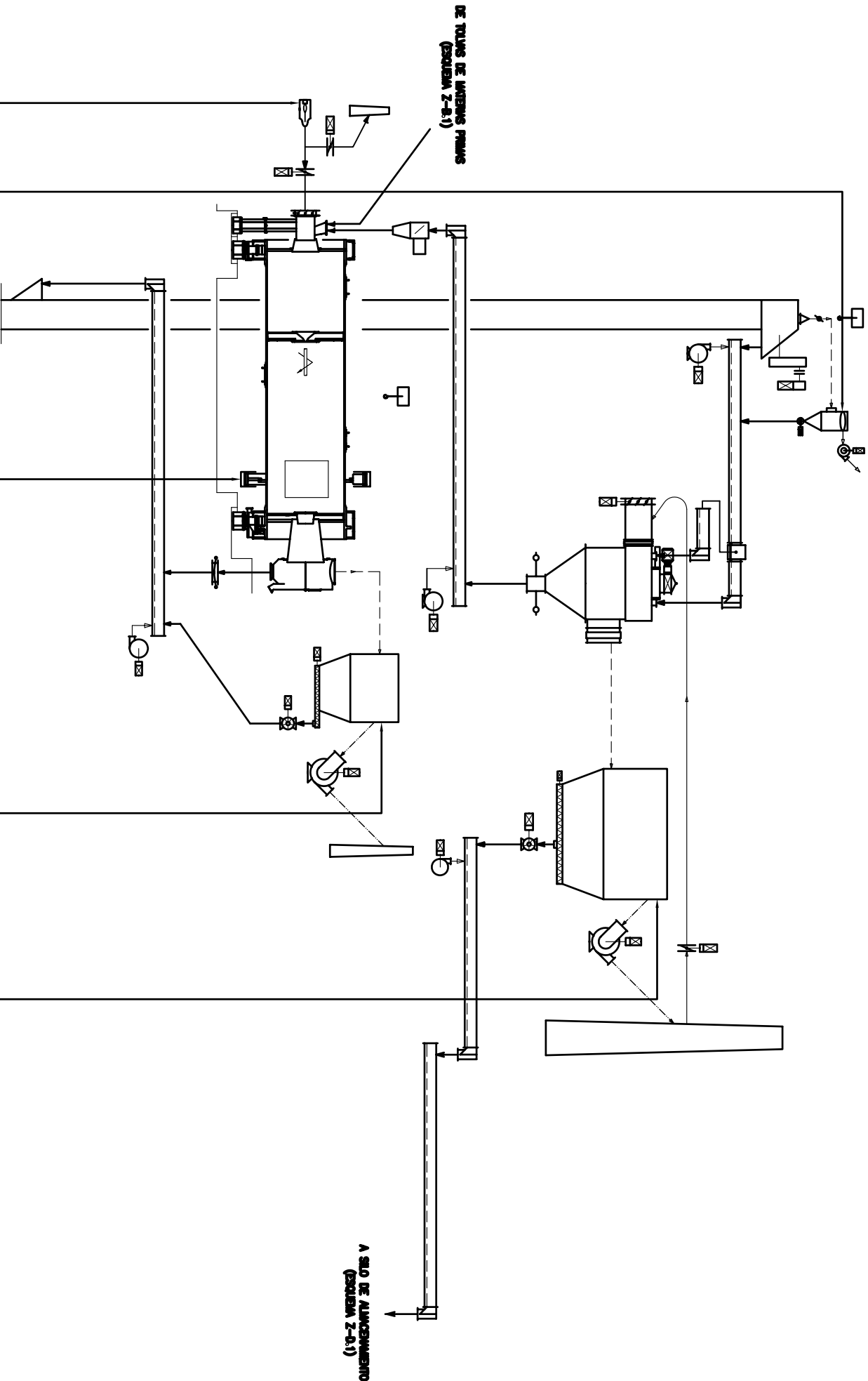
C

B

A

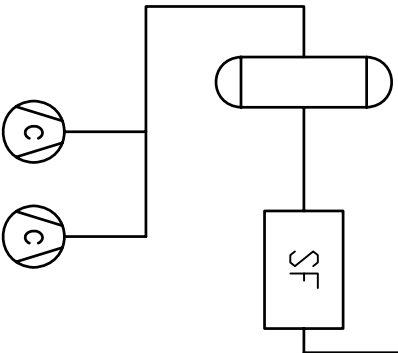
1


2



VER PLANO

VER PLANO



		Fecha		Firma		Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLENDINA DE CEMENTO			
		28-02-08		V.D.E					
Sustituye a									
Sustituido									
ZONA C						Universidad Carlos III			
						Verónica Díez Esteban			
						Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica			
									
Escola S/E		ESQUEMA AIRE COMPRIMIDO				Plano n.º:		Z-C.2	
						Nombre fichero: Esquema.Z-C.2			
						Revisión		Formato	
						0		A3	

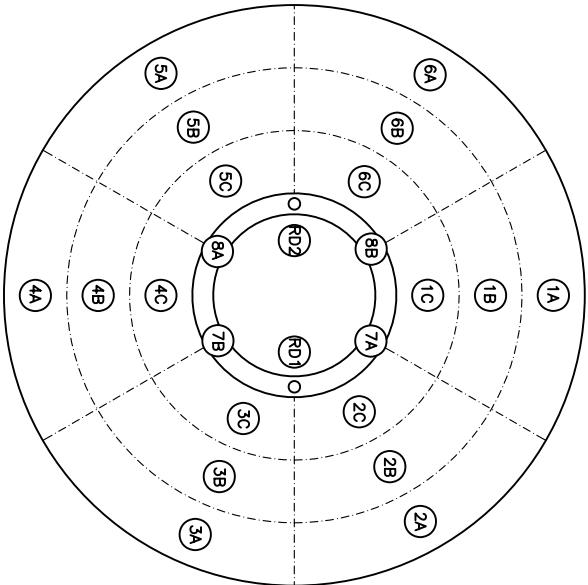
D

C

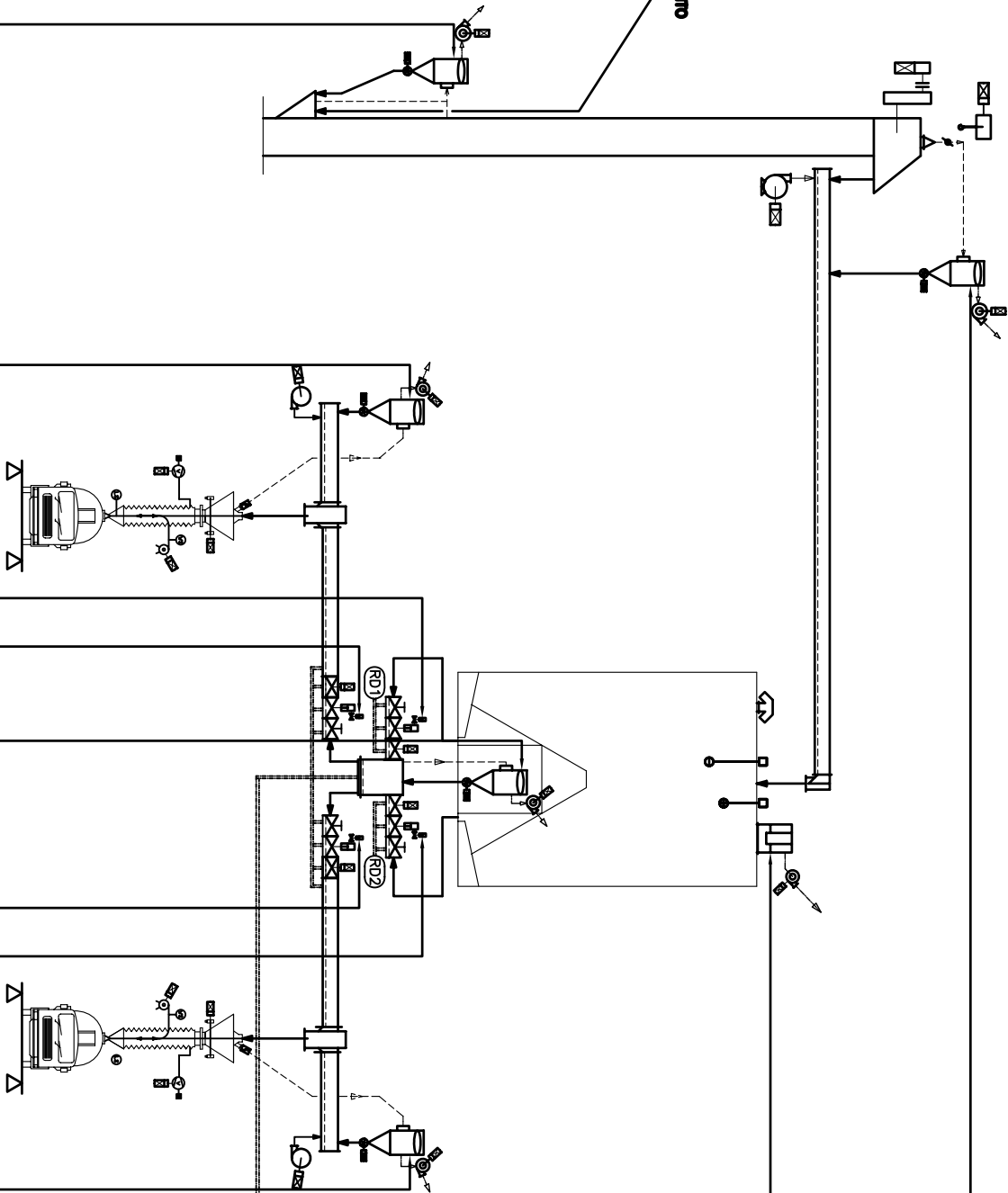
B

A

FLUIDIFICACION DE SILO



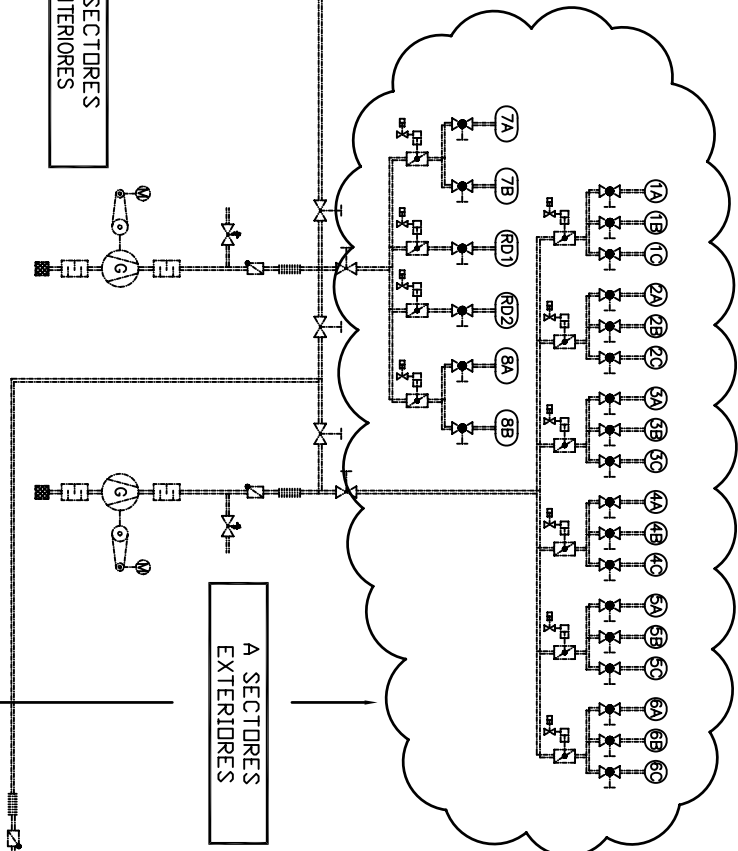
DE MOIENDA DE CEMENTO
(ESQUEMA Z-C-2)



A SECTORES
INTERIORES

A SECTORES
EXTERIORES

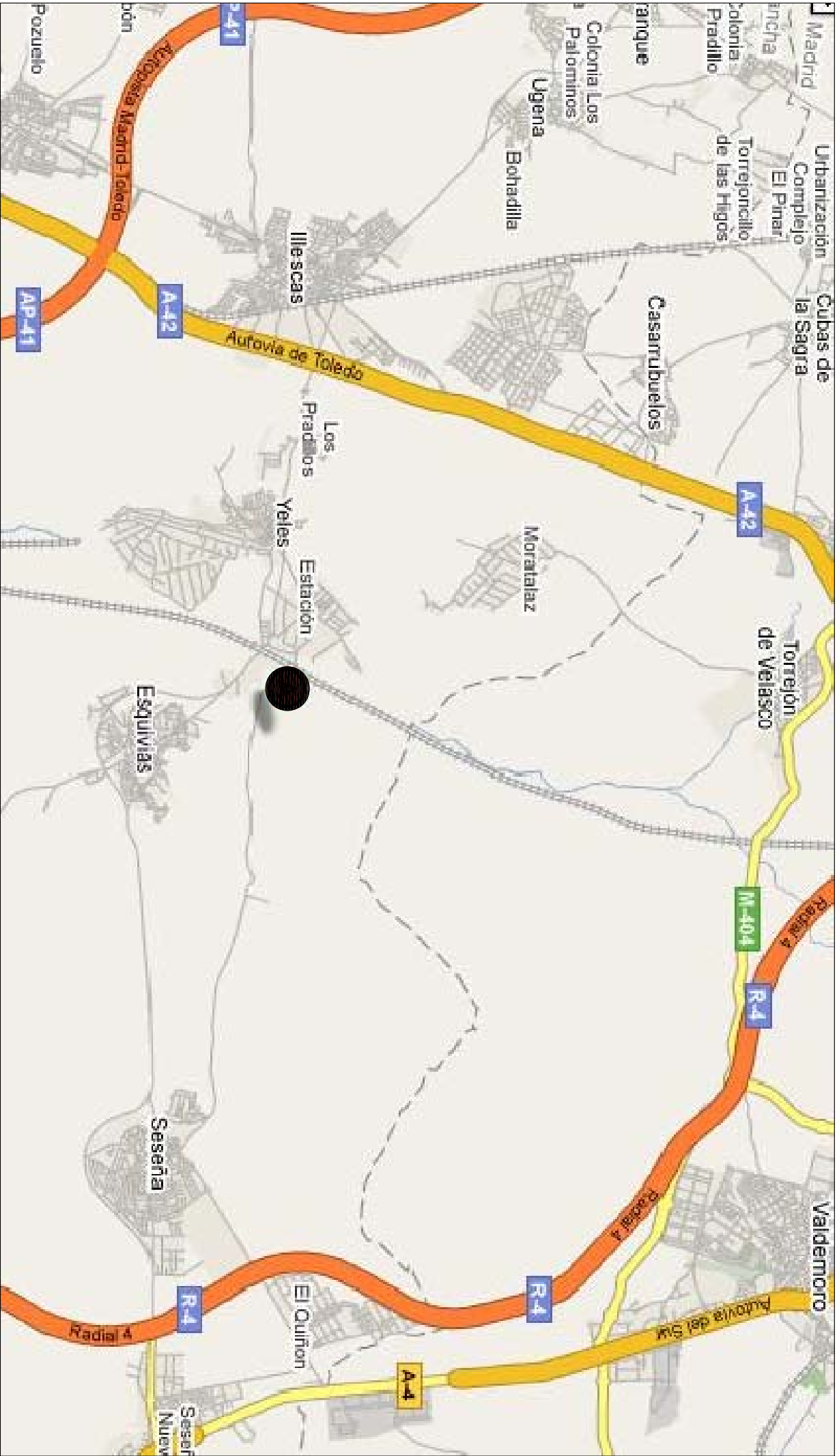
SOPLANTE
EN RESERVA



	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOIENDA DE CEMENTO		
Dibuja	29-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III		
Sustituye a			Verónica Díez Esteban		
Sustituido por:			Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica		



ZONA D		Revisión	Formato
SILO DE ALMACENAMIENTO		0	A3
Escala	S/E	Piano n.º:	Z-D.2
		Nombre fichero: EsquemaZ-D.2	



2 km

	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO		
Dibuja	28-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III		
Sustituye o			Verónica Díez Esteban		
Sustituido por:			Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica		

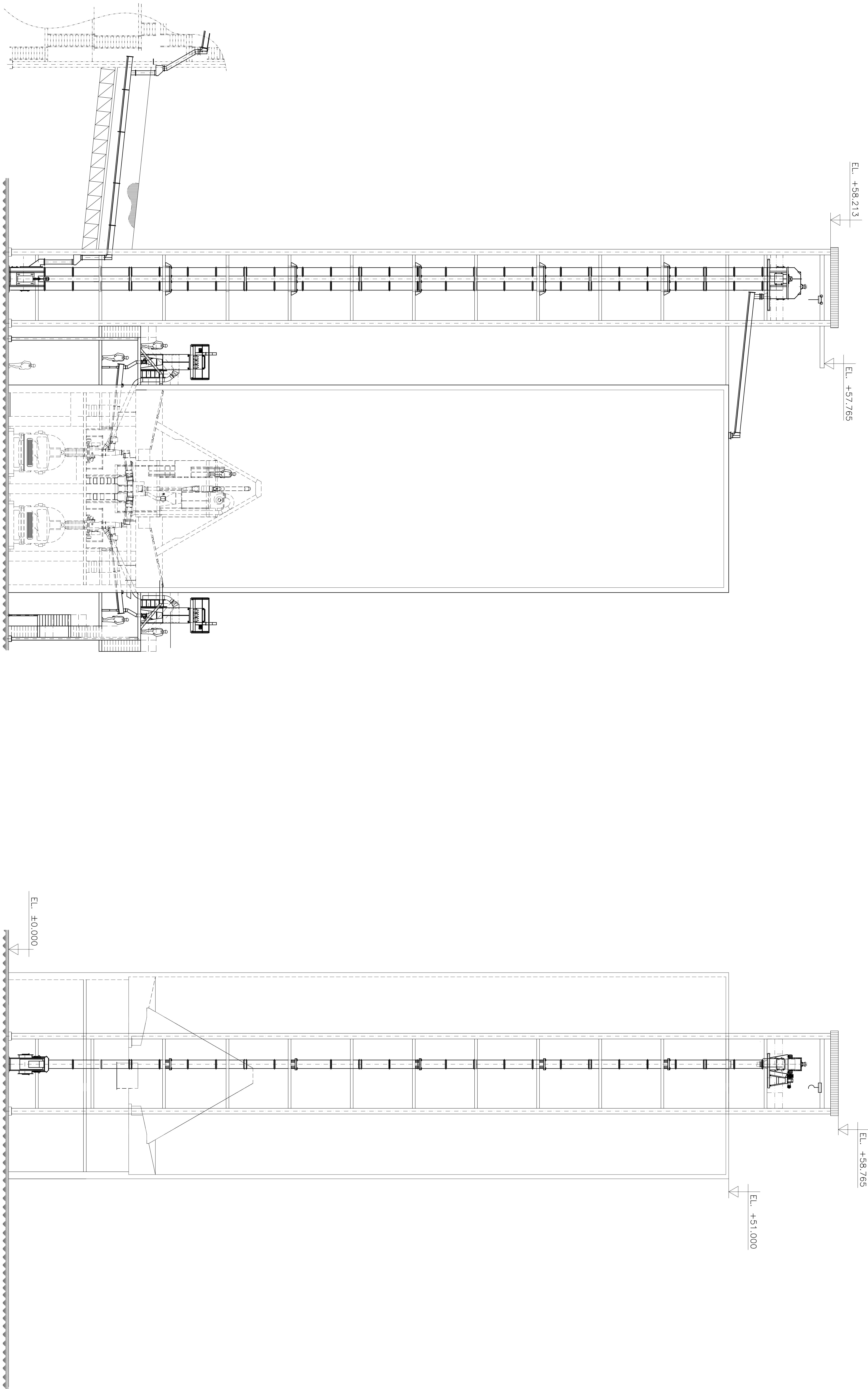
PLANTA DE MOLIENDA DE CEMENTO				
			Revisión	Formato
			0	A3


Escola	SITUACIÓN			Plano n°:	1-0
S/E				Nombre fichero:	1-0

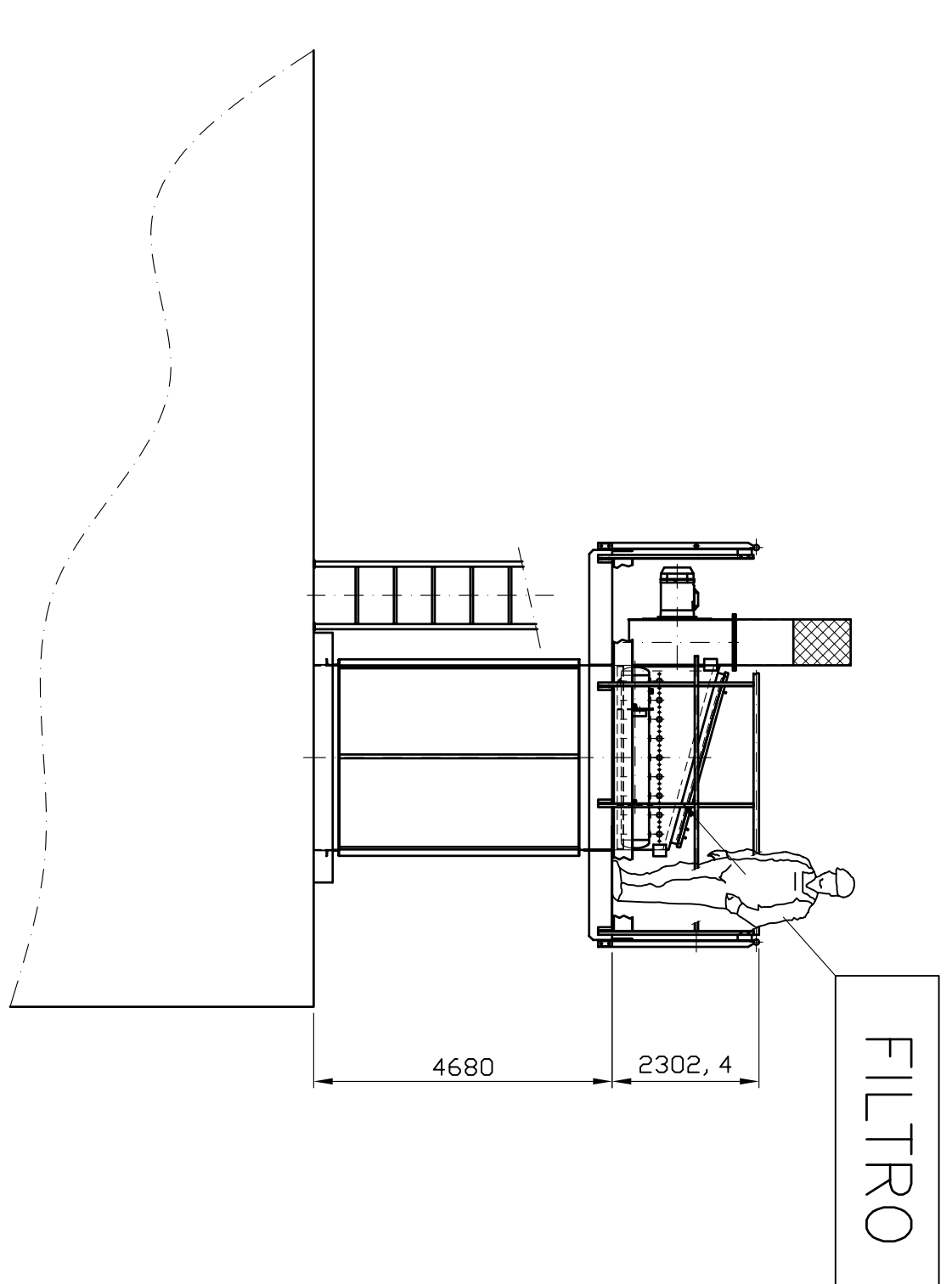
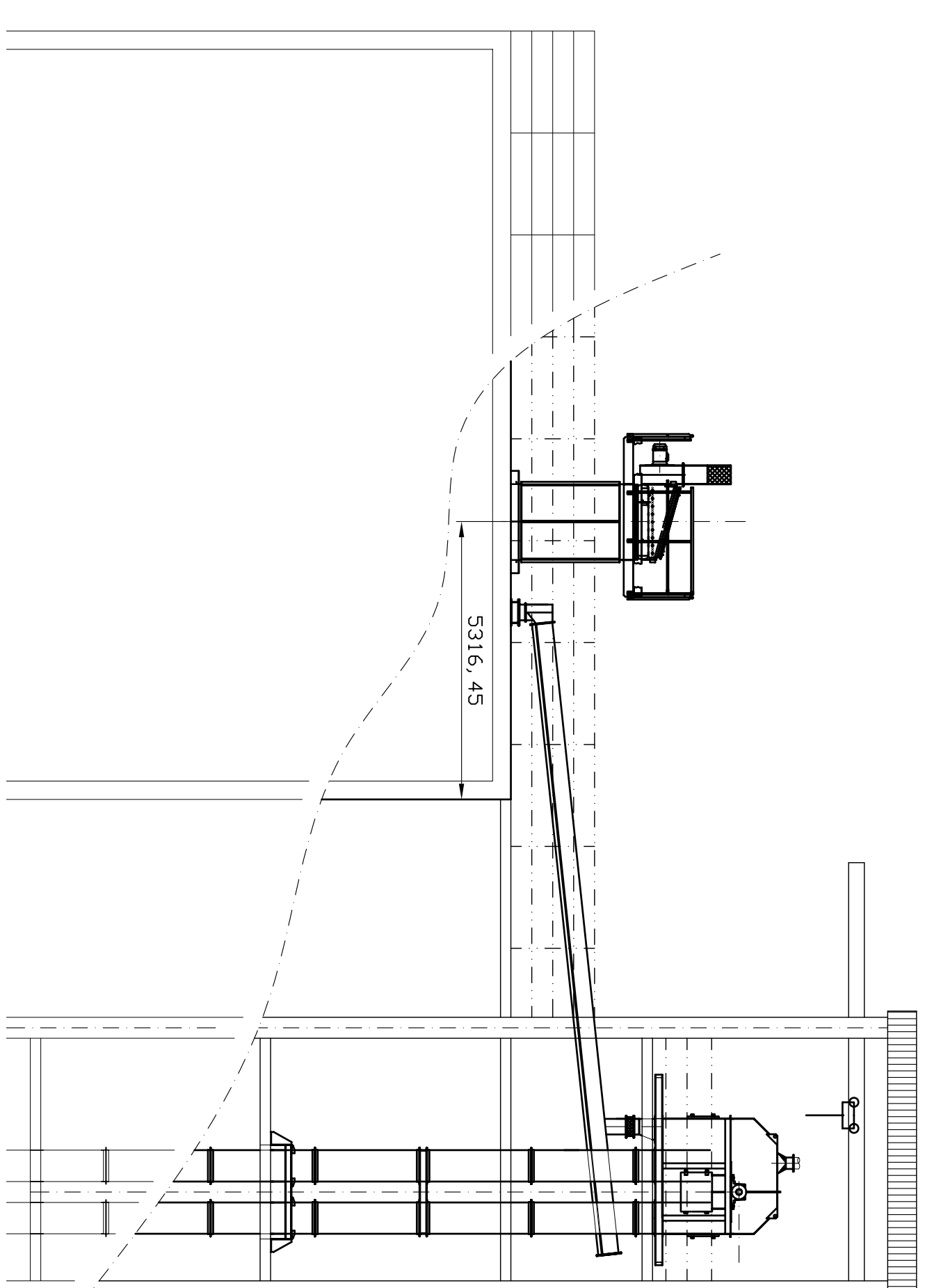
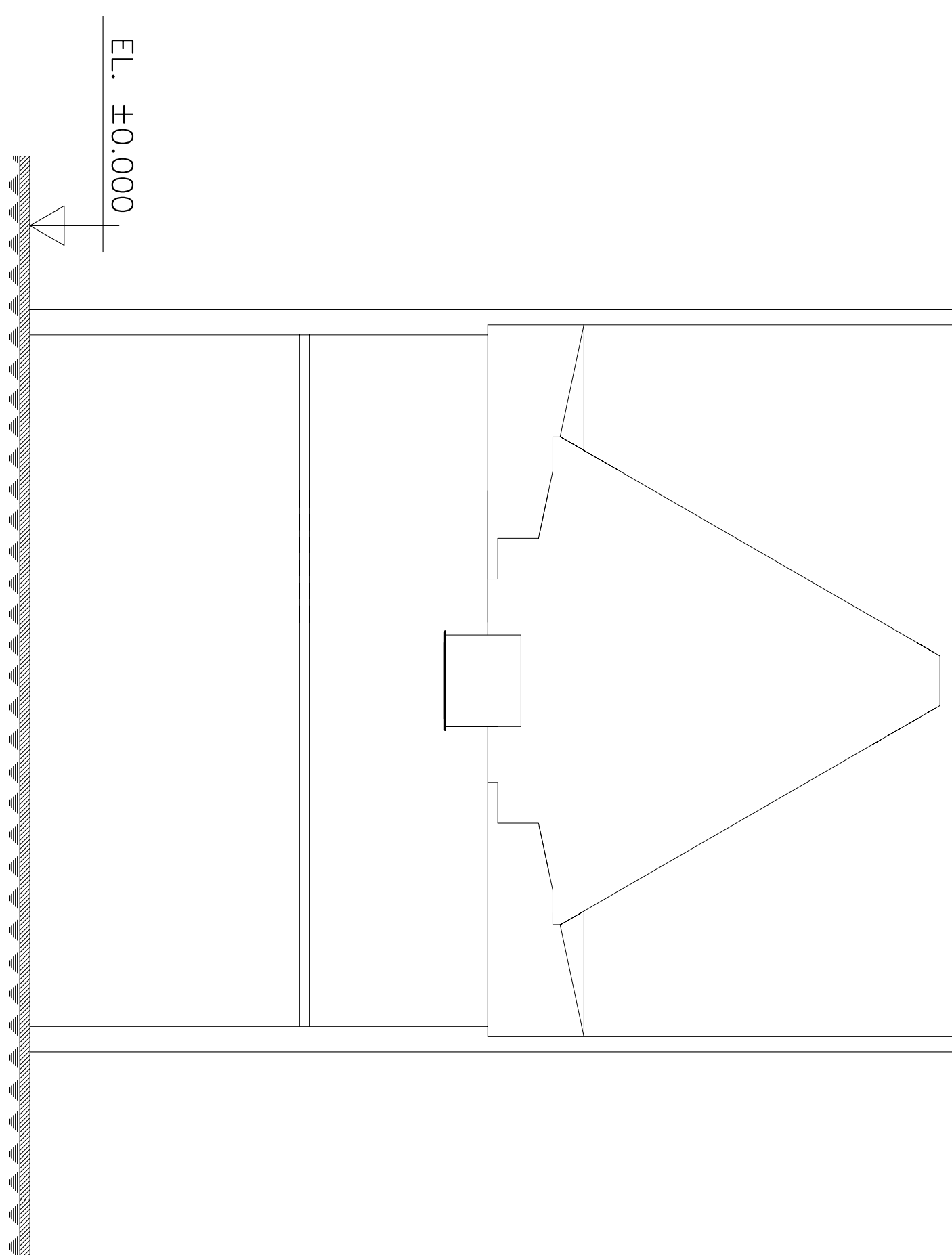
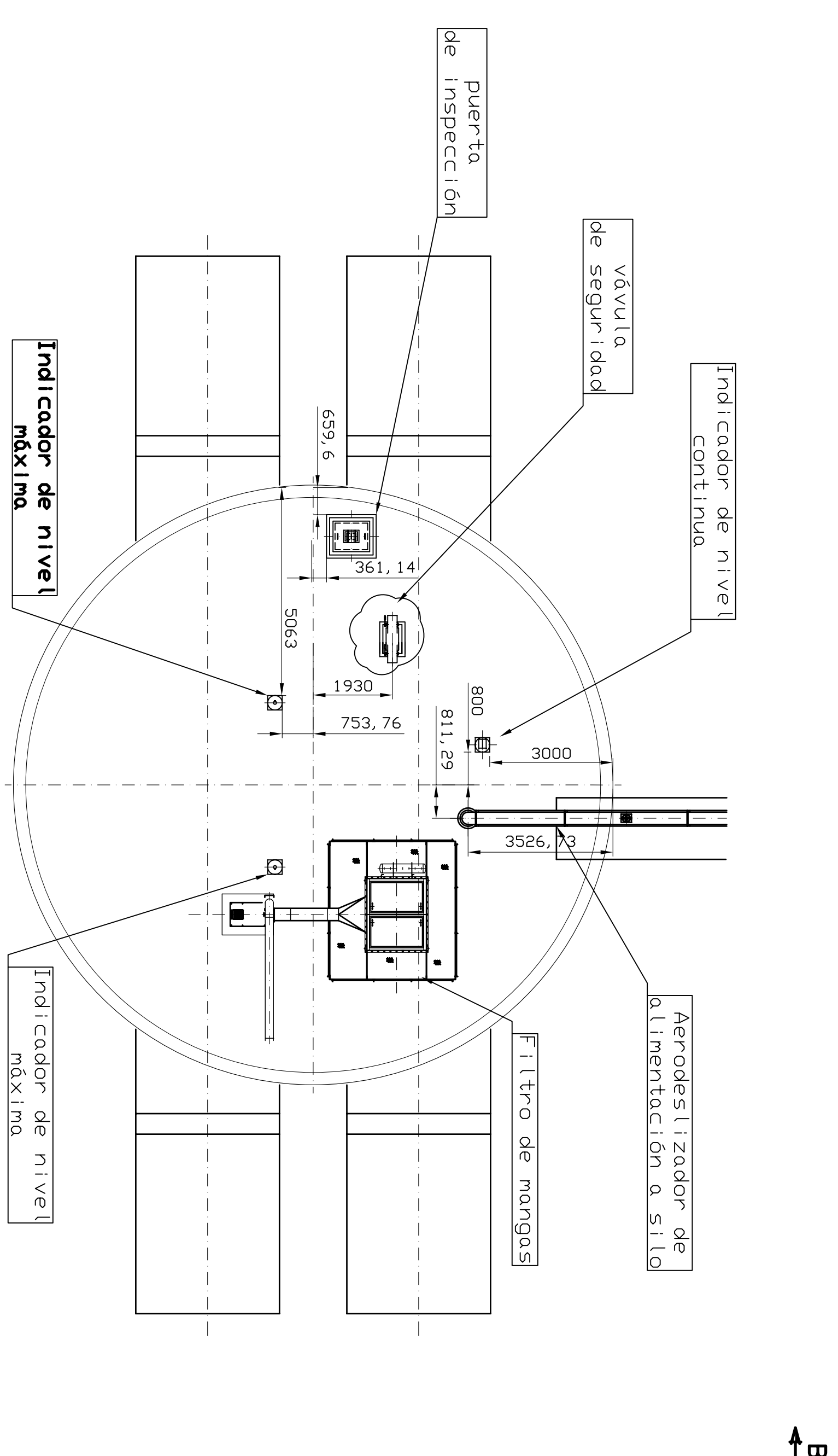
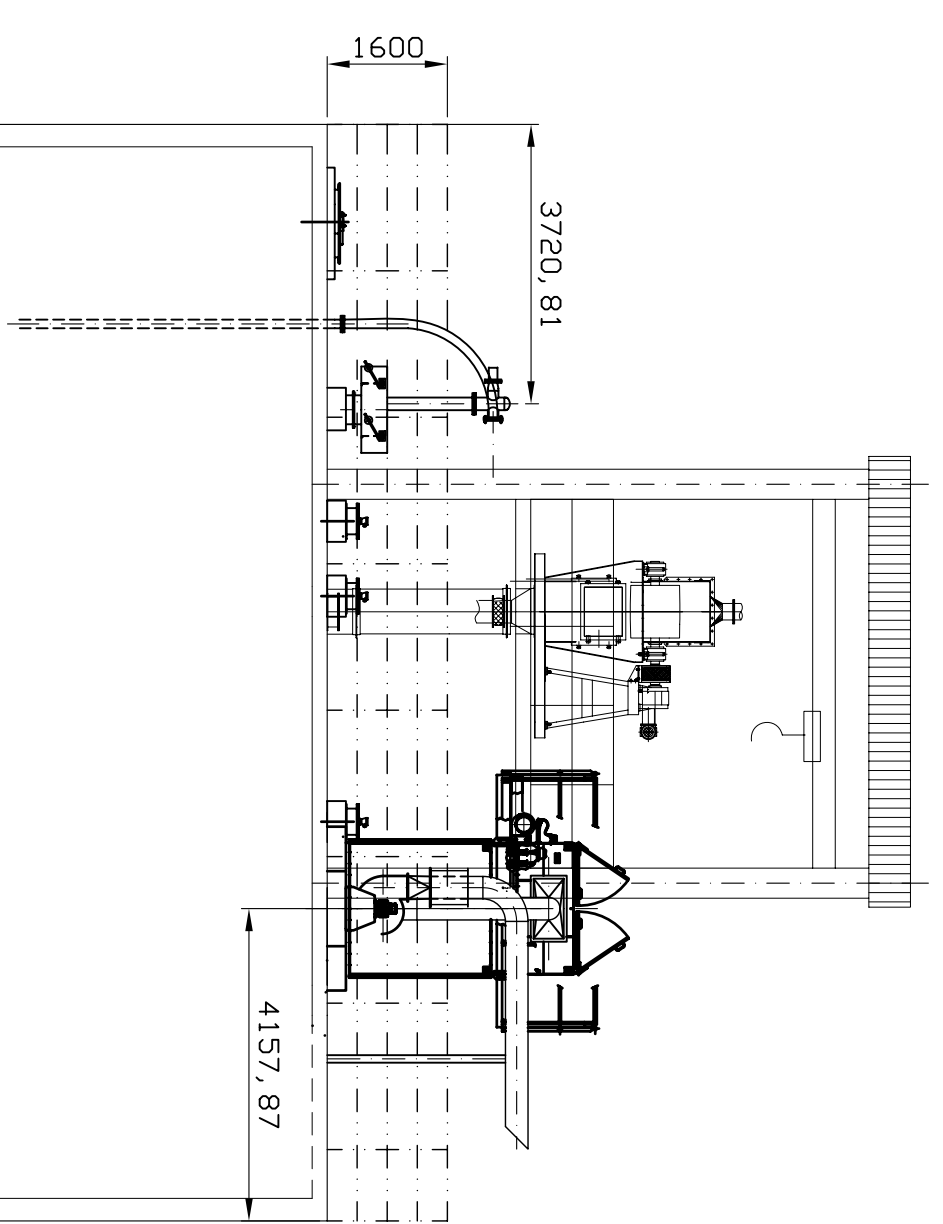


SITUACIÓN IMPLANTACIÓN MOLENDA DE CEMENTO

Fecha		Primo		Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLENDA DE CEMENTO	
Dibujo		27-02-08		V.D.E.	
Escalado		0		Universidad Carlos III	
Escalado por:				Verónica Díaz Esteban	
				Ingeniero Técnico Industrial – Máquinas	
MOLENDA DE CEMENTO					
IMPLANTACIÓN					
Escala		Página nº:		I-1	
1:750					
				Nombre del cliente: I-1	



SILO DE ALMACENAMIENTO									
Escala		1:100		SECCIONES SILO		PROYECTO DE INSTALACION DE MOJERNA DE CEMENTO			
Hoja		27-02-08		V.E.		Universidad Carlos III			
Sustituido por		Vigencia Data Emisión		Sistema Técnico Industrial - Mecánico		0			
Fase		Piso n°		Fase		1-10			
Fase		Fase		Fase		1-10			



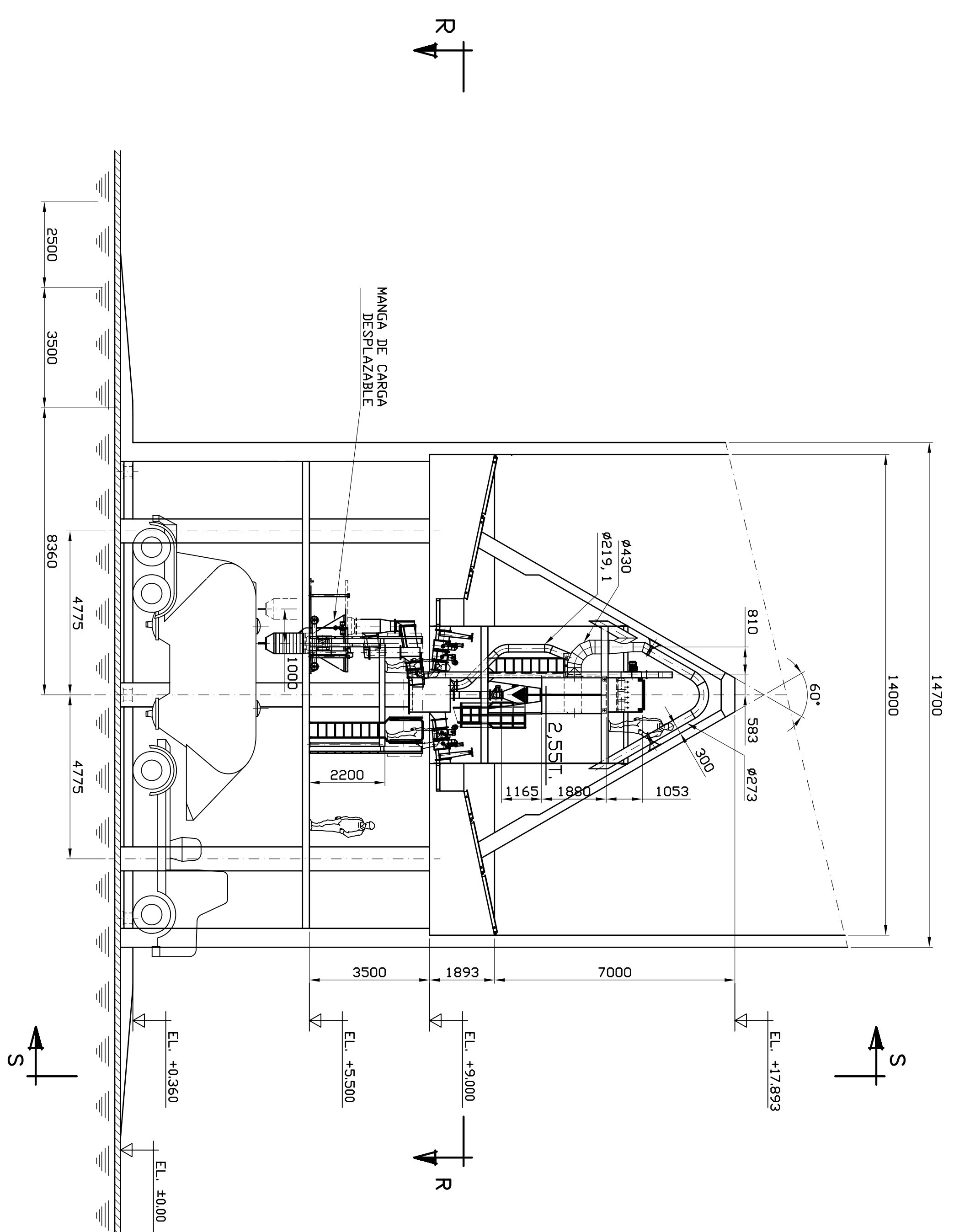
DETALLE FILTRO

Escala 1:50

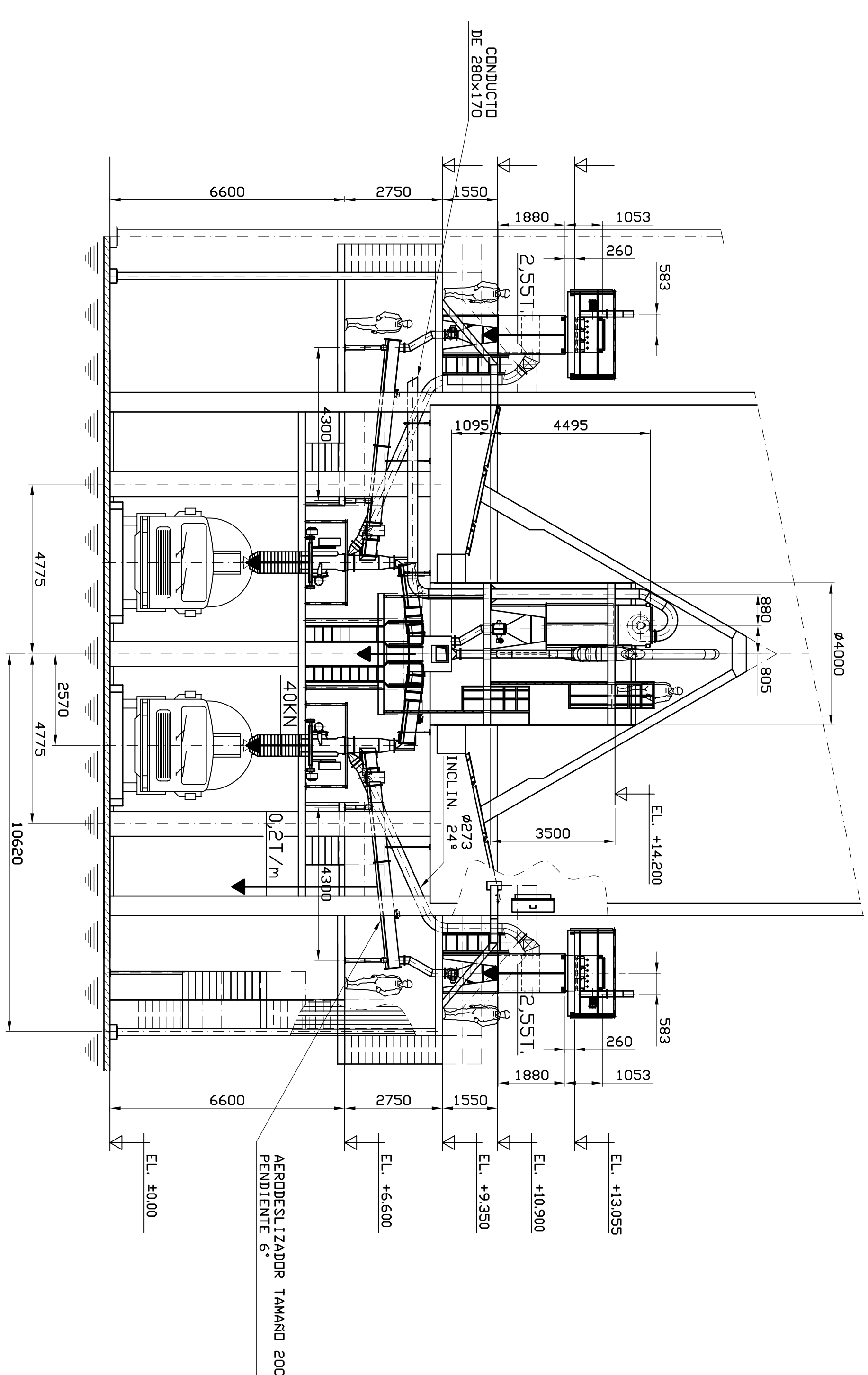
VISTA A-A

VISTA B-B

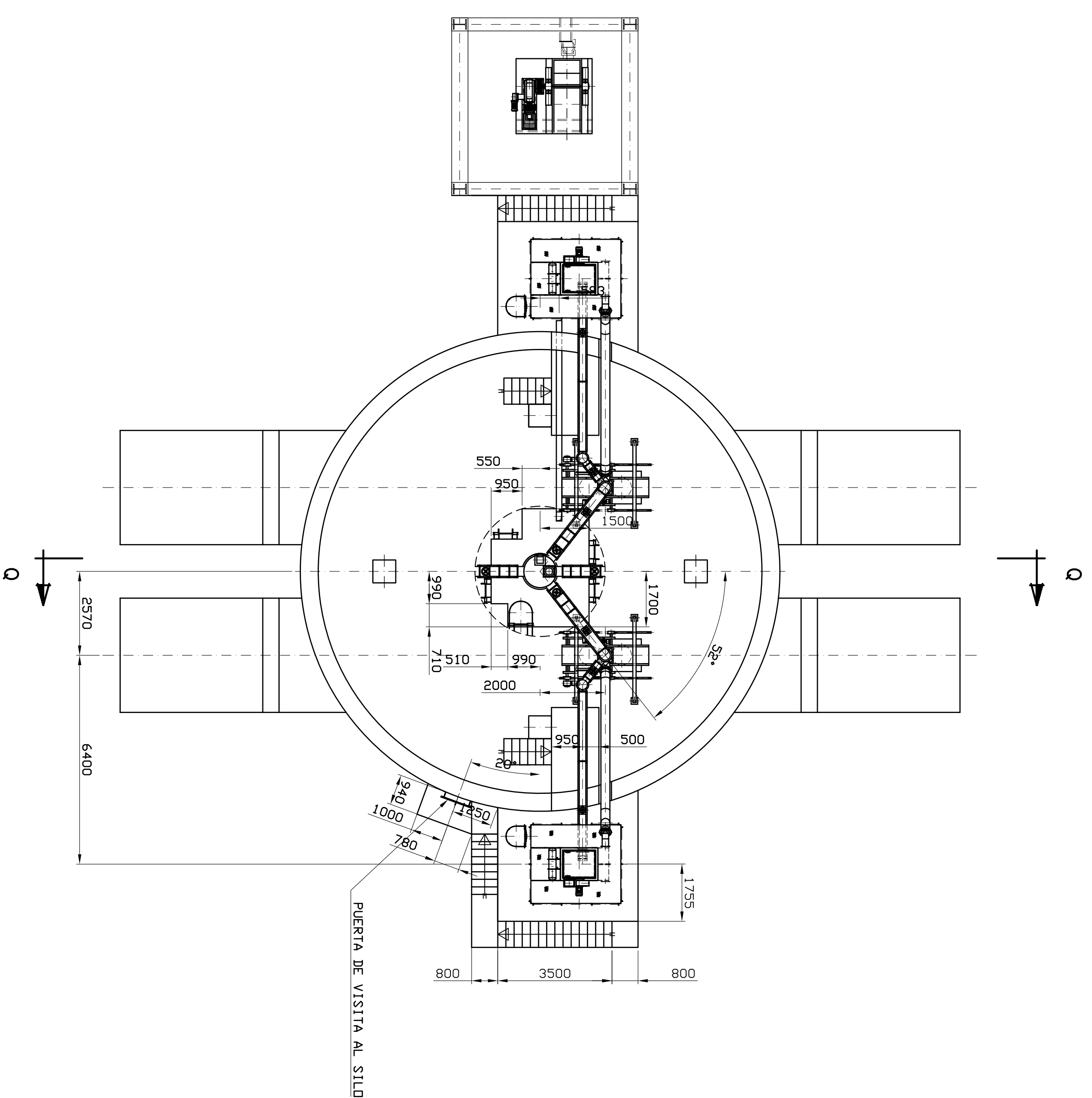
[illegible]



SECCIÓN Q – Q

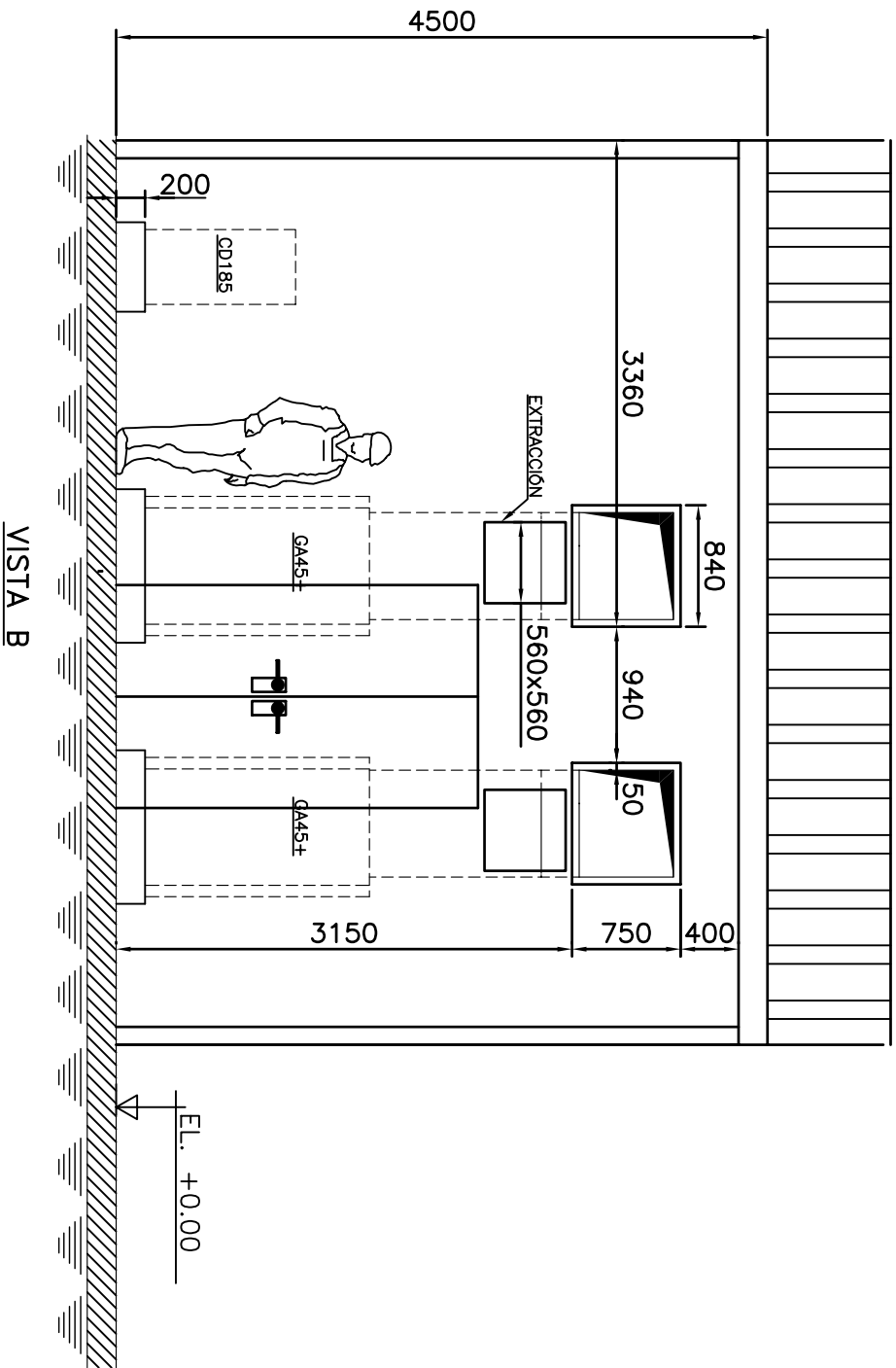
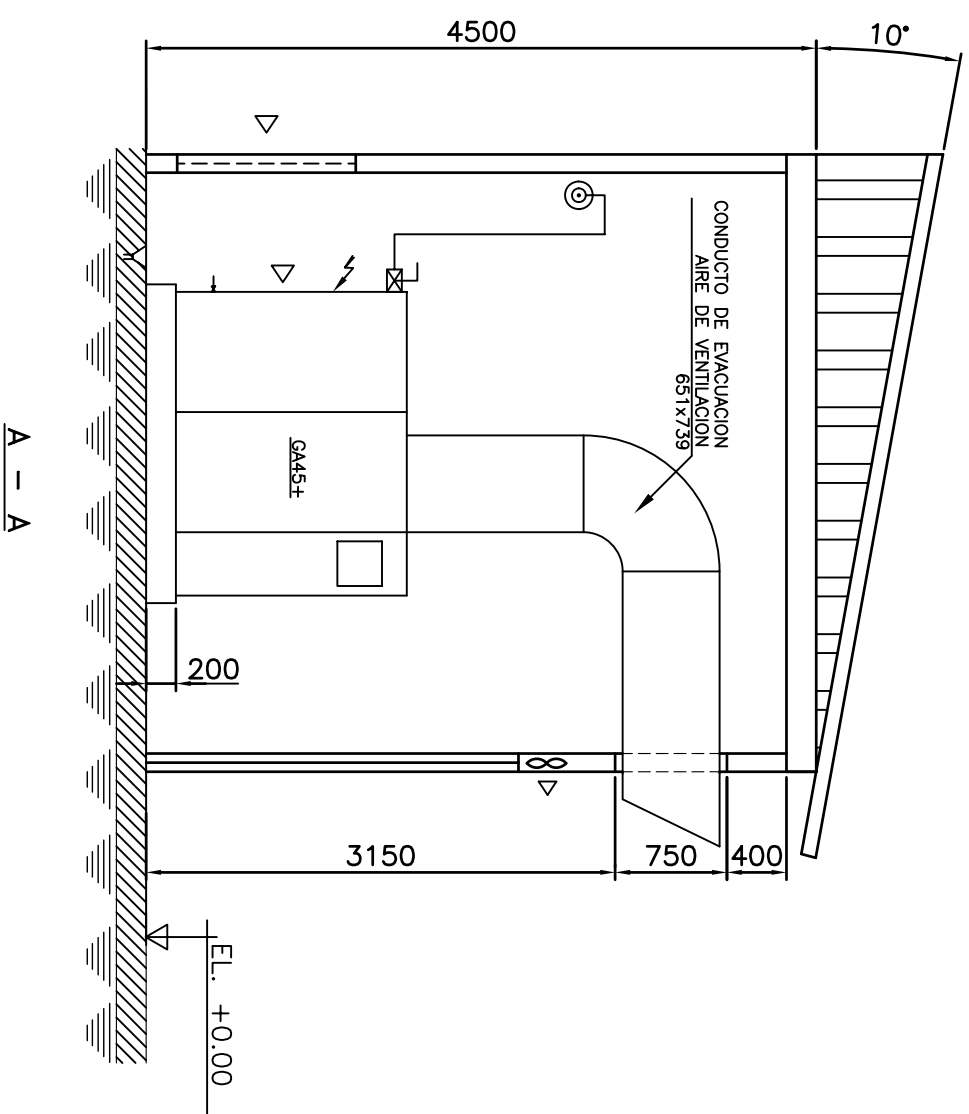
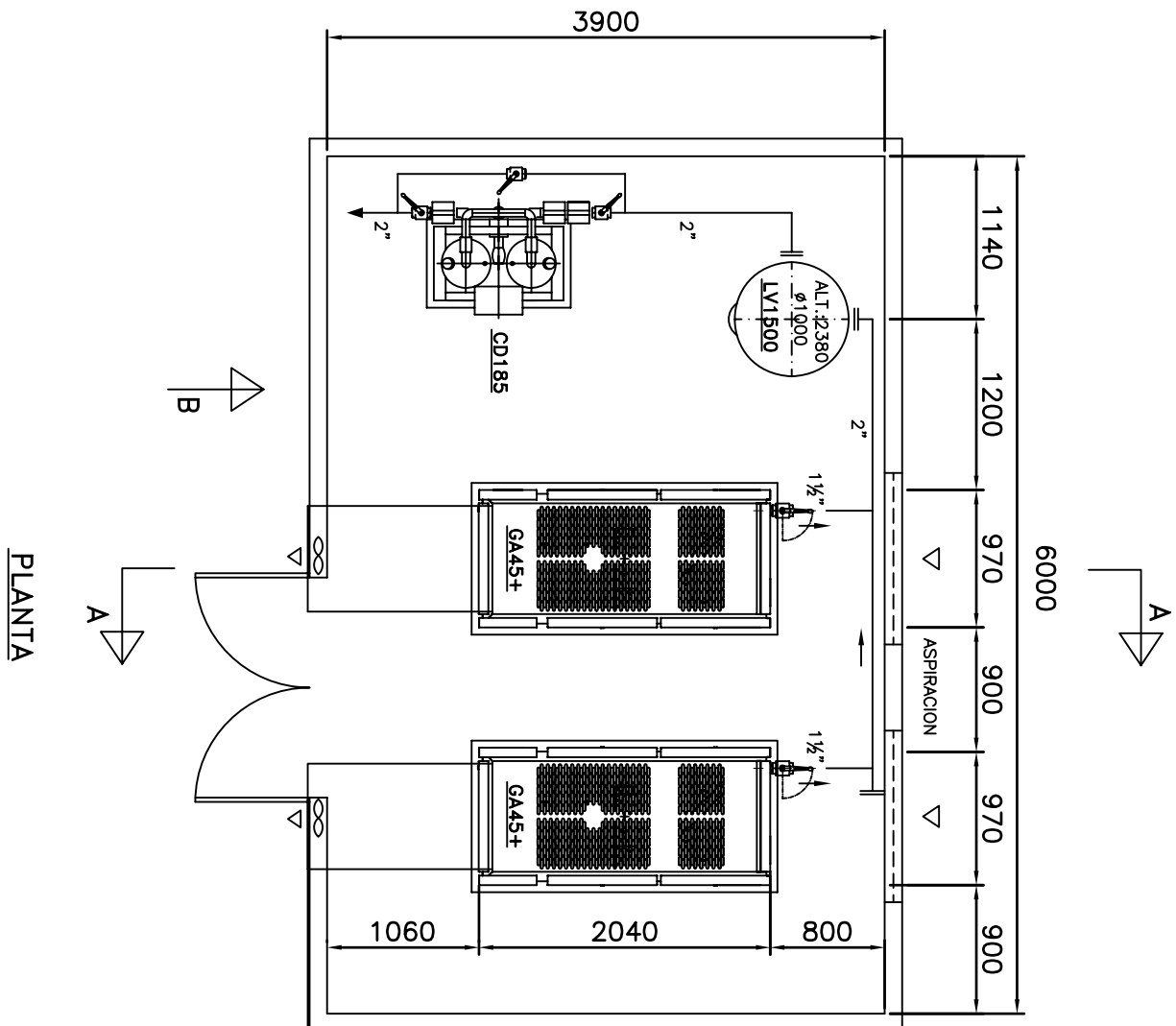



VISTA S - S



SECCIÓN R – R

	Firma	Firma	Proyecto	PROYECTO DE INSTALACION DE MAQUINA DE CEMENTO
Dibujo 27-02-98	V.E.			
Servicio e Sustituto			Universidad Carlos III	
			Técnico Don Esteban	
			Apellidos Técnico instalador – Móstoles	
SILLO DE ALMACENAMIENTO				
Escala				
DESCARGA				
1:100				



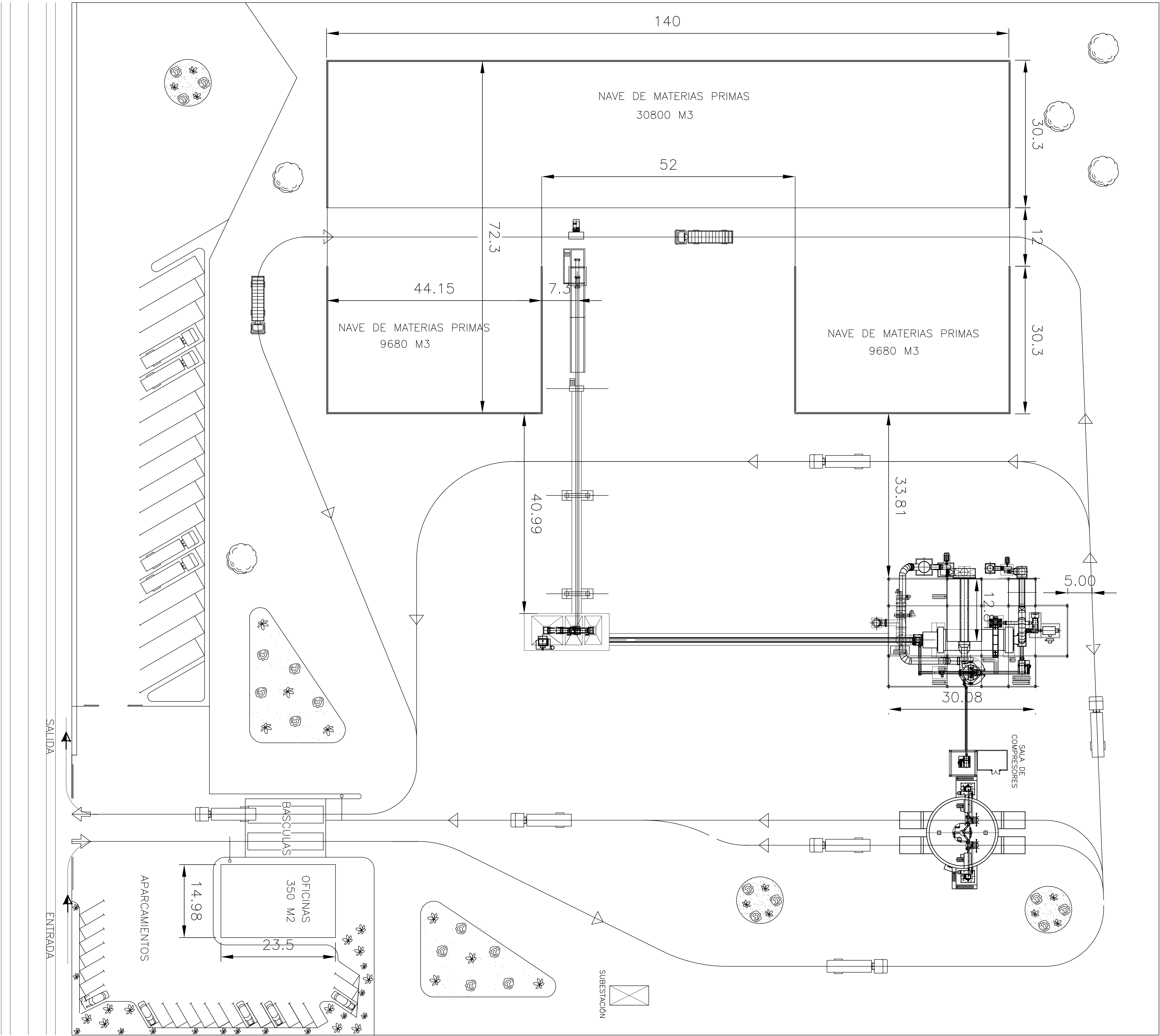
		Fecha		Firma		Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO			
Dibuja		05-03-08		V.D.E		Universidad Carlos III			
Sustituye a						Verónica Díez Esteban			
Sustituido por:						Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica			
SALA DE COMPRESORES									
Escala		SECCIONES				Plano n.º:		I-13	
1:100						Nombre fichero: I-13			
				Revisión		Formato			
				0		A2			

D

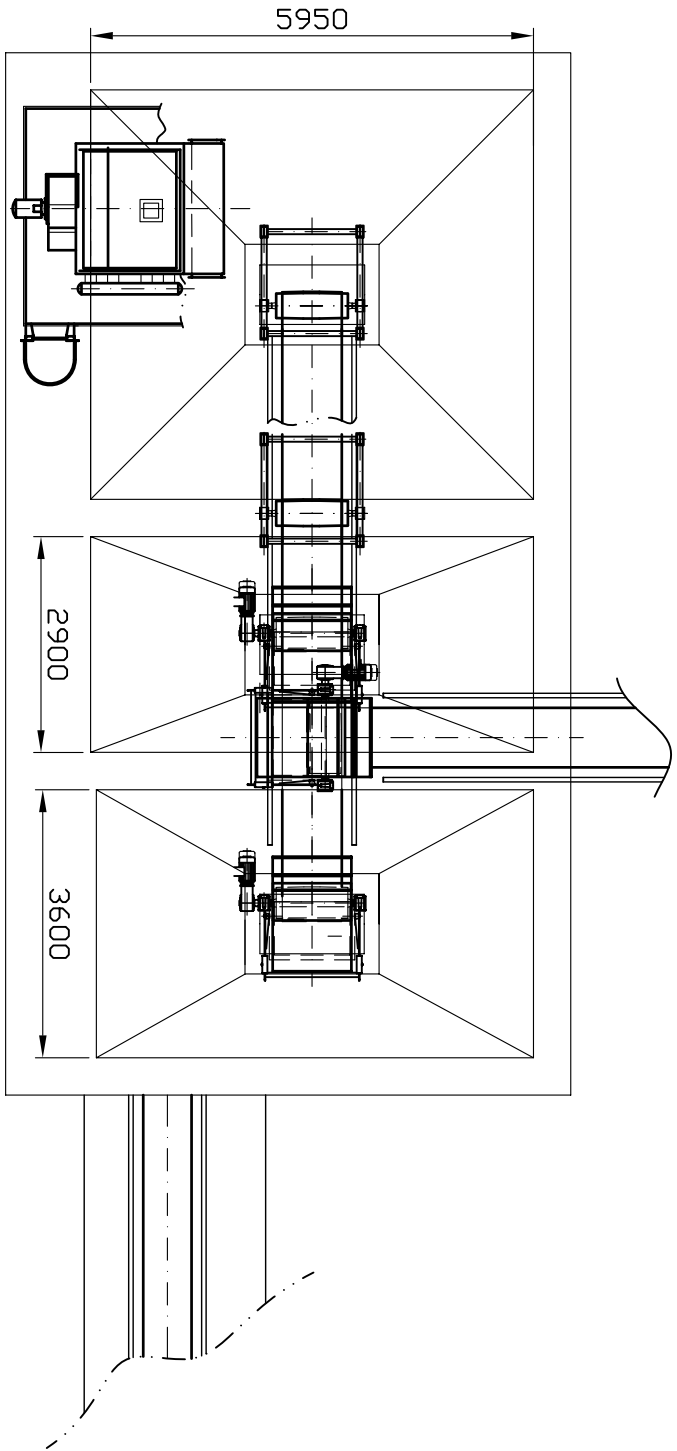
C

B

A

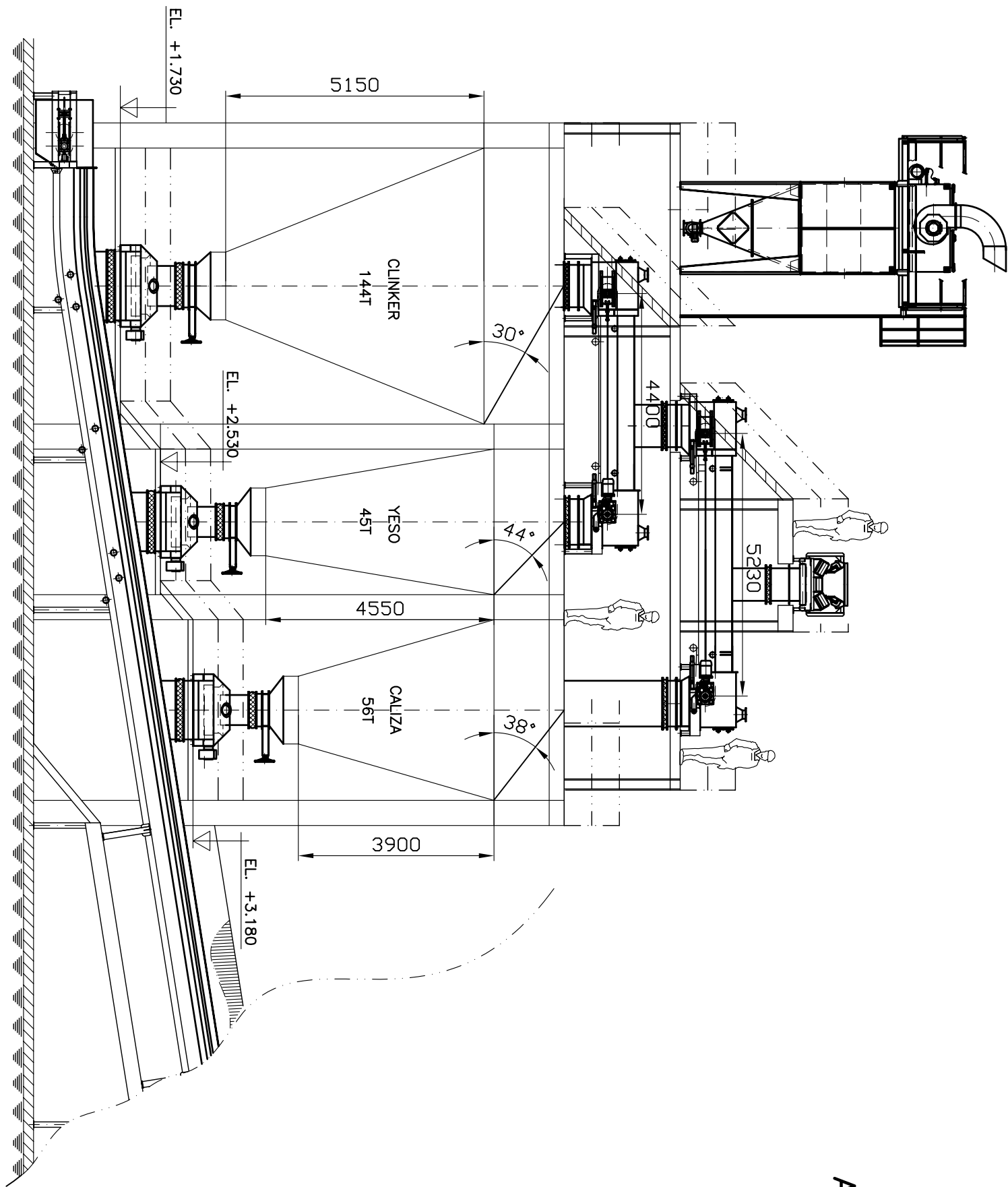


Fecha	Tramo	Proyecto	PROYECTO DE INSTALACION DE MOLINEA DE CEMENTO
27-02-08	10.1	Universidad Carlos III	
Escalera		Verificación del Estado	
Sección		Inspección Técnica Industrial - Mecánica	
por			
MOLINEA DE CEMENTO			Revisión
PLANTA GENERAL			Forma
Escala			0 1 A0
1:250			1-2
Nombre del autor			1-2




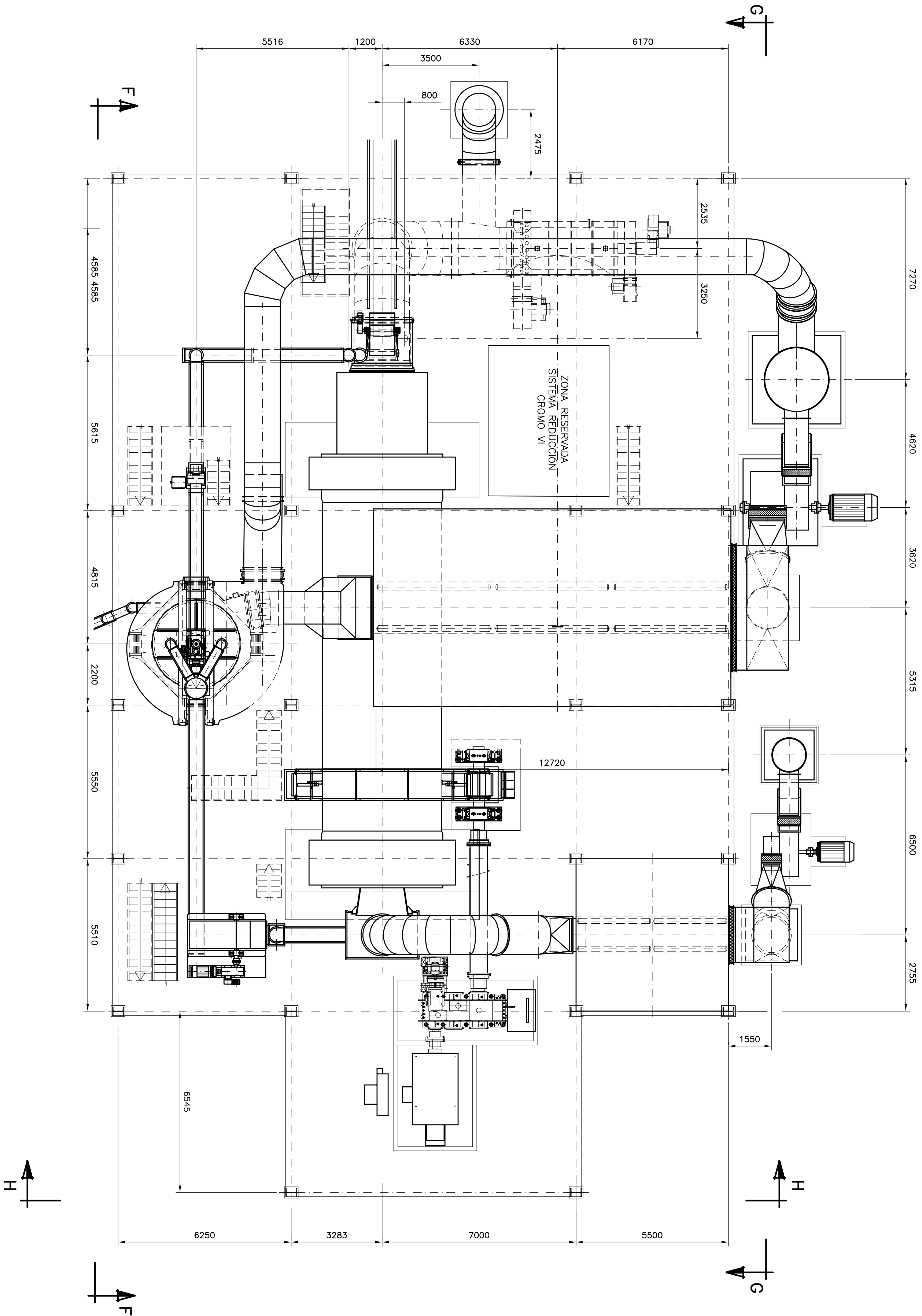
AA

AA




VISTA A-A

	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO		
Dibuja	05-03-08	V.D.E	Universidad Carlos III		
Sustituye a					
Sustituido por:		Verónica Díez Esteban Ingeniería Técnica Industrial – Mecánica			
TOLVAS DE MATERIAS PRIMAS				Revisión	Formato
ALIMENTACION TOLVAS				0	A2
Escala 1:100			Piano n.º:	I-4	
			Nombre fichero: I-4		

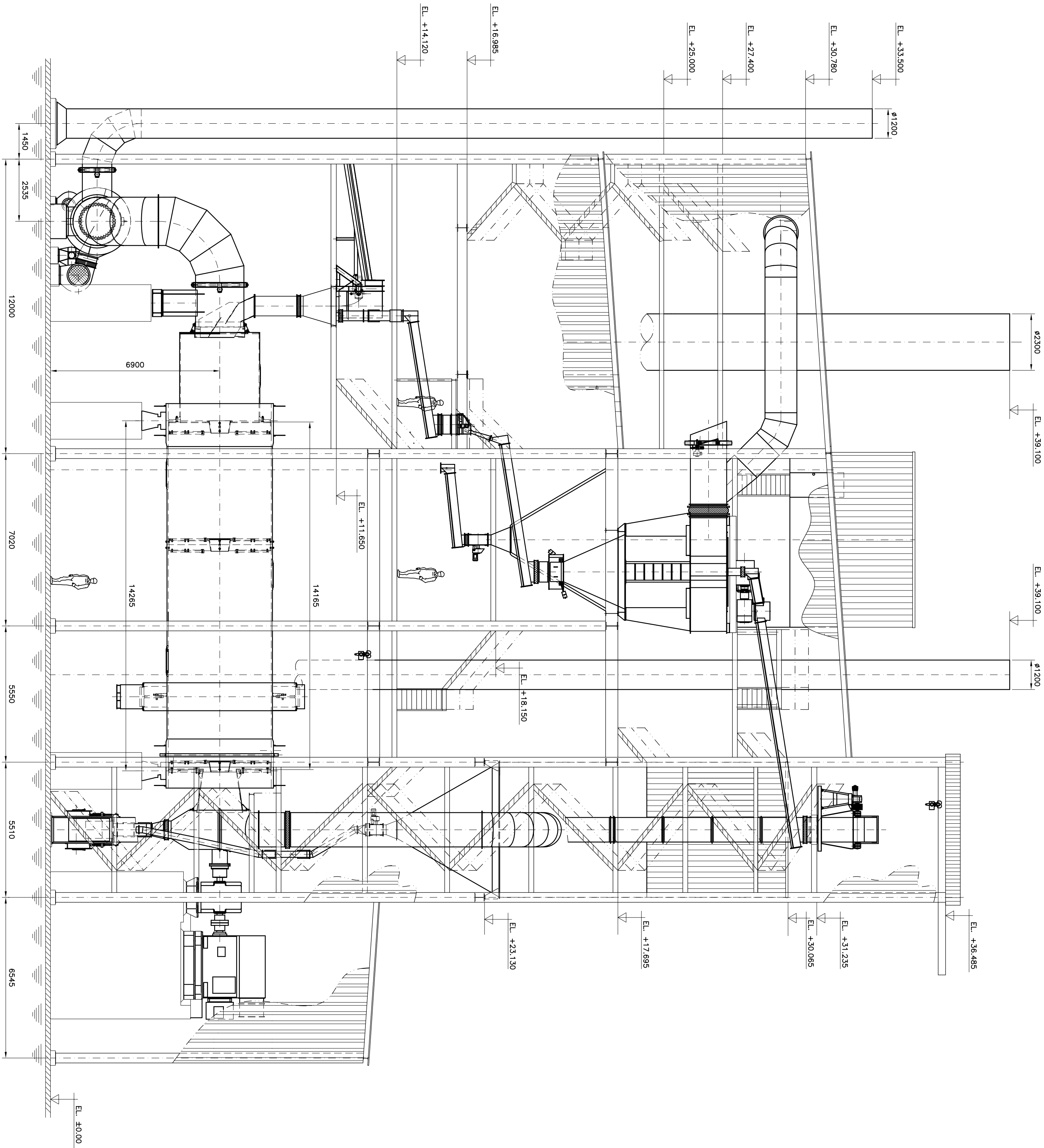



NOTA:

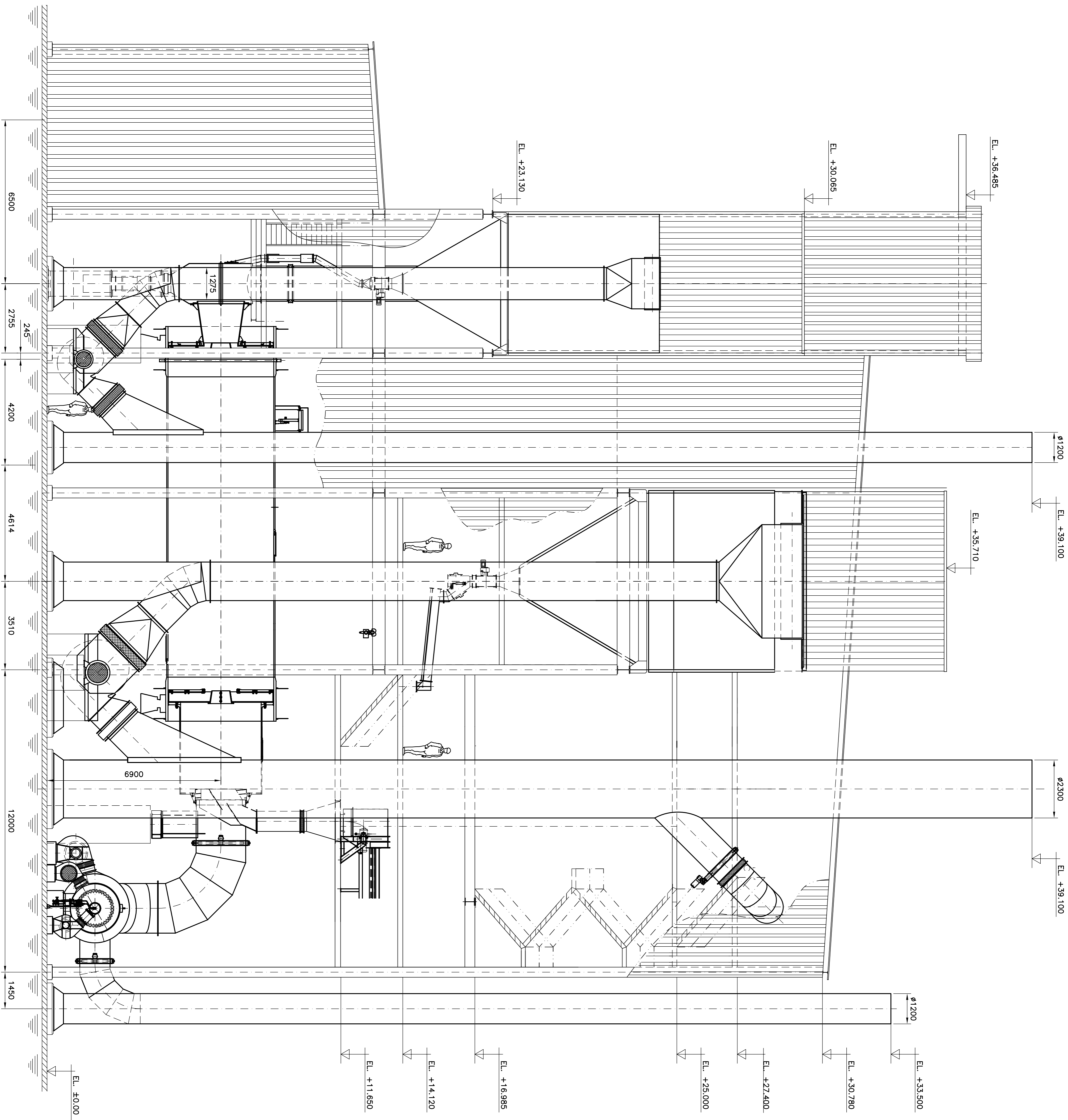
- SECCIÓN F-F EN PLANO N. I-7
- SECCIÓN G-G EN PLANO N. I-8
- SECCIÓN H-H EN PLANO N. I-9


	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLENDINA DE CEMENTO					
Dibujo	27-02-08	V.D.E	<div>Universidad Carlos III</div>					
Sustituye a								
Sustituido por:								
			Verónica Díez Esteban Ingeniero Técnico Industrial – Mecánica					
EDIFICIO DE MOLENDINA			<div></div>					
Escala		Plano n.º:					I-6	
1:100		Nombre fichero: I-6						
PLANTA								
		Revisión					Formato	
		0	A1					

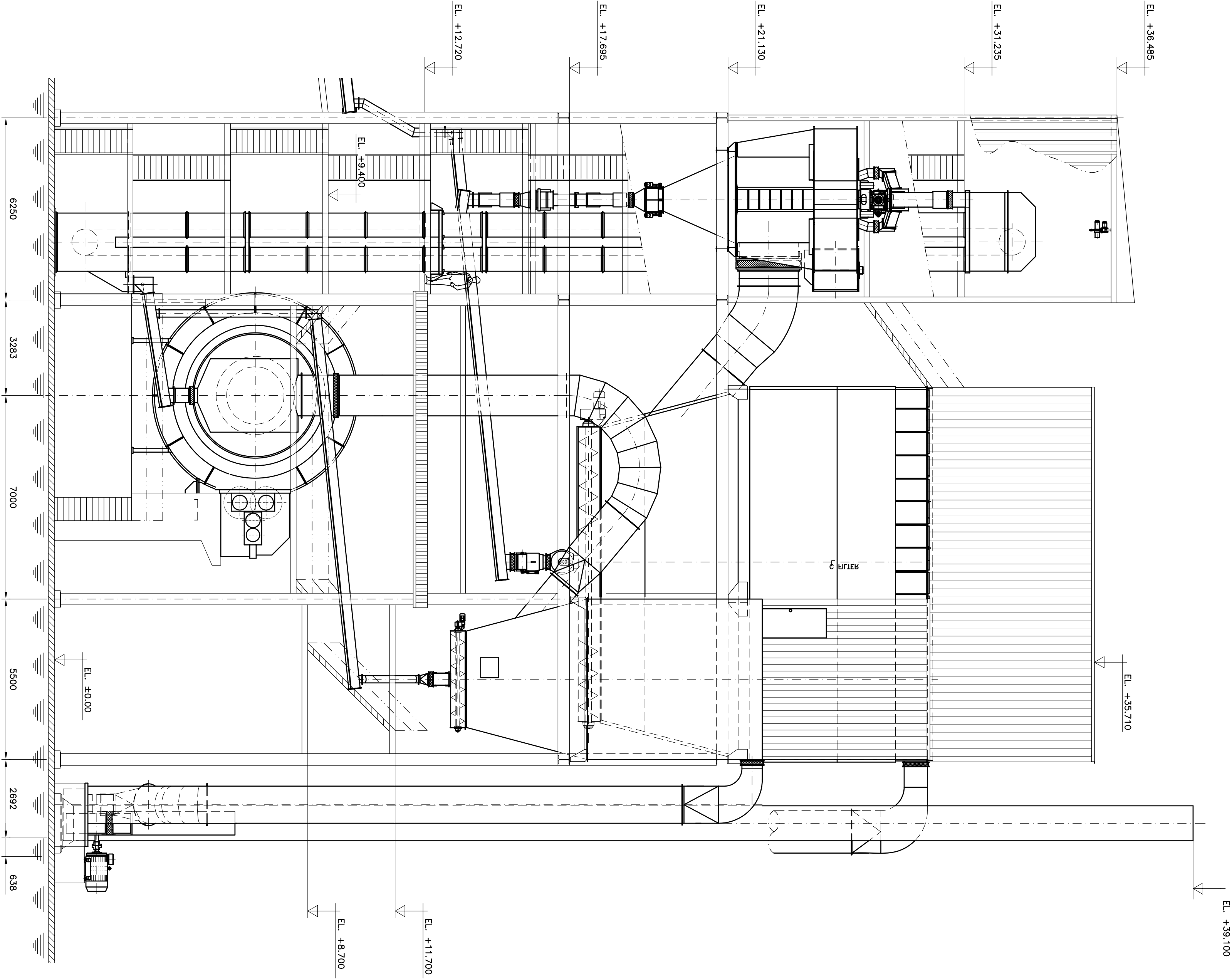





	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO							
Dibujo	27-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III							
Substituto			Verónica Díez Esteban							
por:			Ingeniero Técnico Industrial – Mecánica							
EDIFICIO DE MOLIENDA										
Escala										
1:100	SECCIÓN F-F									
			Piano n.º	I-7						
			Nombre fichero: I-7							
				Revisión	Formato					
				0	A1					



	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLIENDA DE CEMENTO			
Dibujo	27-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III			
Substituto			Verónica Díez Esteban			
por:			Ingeniero Técnico Industrial – Mecánico			
EDIFICIO DE MOLIENDA						
Escala	SECCIÓN G-G		Piano n.º			
1:100			I-8			
			Nombre fichero: I-8			
						
			Revisión		Firmado	
			0		A1	



	Fecha	Firma	Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MOLEENDA DE CEMENTO			
Dibujo	27-02-08	V.D.E	Universidad Carlos III			
Sueltivo o Sustituido			Verónica Díez Esteban			
por:			Ingeniero Técnico Industrial – Mecánica			
EDIFICIO DE MOLEENDA						
Escala 1:100	SECCIÓN H-H					
Plano n.º:			Revisión			
I-9			Formato			
Nombre fichero: I-9			0 A1			

